

46032



PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of :
Hyung-Jun Kim et al. :
Serial No.: 10/712,403 : Group Art Unit:
Filed: November 14, 2003 :
For: METHOD AND APPARATUS FOR :
PROVIDING MUTUAL TIME :
DIFFERENCE DETERMINATION OF :
STATION SIGNALS IN A CELLULAR :
COMMUNICATION SYSTEM :

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In order to perfect the claim for priority under 35 U.S.C. §119(a), the Applicants herewith submit a certified copy of Russian Patent Application No. 2002130594, as filed on November 15, 2002. Should anything further be required, the Office is asked to contact the undersigned attorney at the local telephone number listed below.

Respectfully submitted,

Peter L. Kendall
Attorney of Record
Reg. No.: 46,246

Roylance, Abrams, Berdo & Goodman, L.L.P.
1300 19th Street, N.W., Suite 600
Washington, D.C. 20036-2680
(202) 659-9076

Dated: February 26, 2004



Наш № 20/12-475

«9» сентября 2003 г.

СПРАВКА

Федеральный институт промышленной собственности (далее – Институт) настоящим удостоверяет, что приложенные материалы являются точным воспроизведением первоначального описания, формулы, реферата и чертежей (если имеются) заявки № 2002130594 на выдачу патента на изобретение, поданной в Институт в ноябре месяце 15 дня 2002 года (15.11.2002).

Название изобретения:

Способ определения взаимного временного рас-
согласования сигналов базовых станций в системе
сотовой радиосвязи

Заявитель:

Корпорация «Самсунг Электроникс» (KR)

Действительные авторы:

ГАРМОНОВ Александр Васильевич (RU)
САВИНКОВ Андрей Юрьевич (RU)
ФИЛИН Станислав Анатольевич (RU)
ВОН Еун Тае (KR)
КИМ Хьюн-Джун (KR)



Заведующий отделом 20

А.Л.Журавлев



СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЗАИМНОГО ВРЕМЕННОГО
РАССОГЛАСОВАНИЯ СИГНАЛОВ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ
В СИСТЕМЕ СОТОВОЙ РАДИОСВЯЗИ

Изобретение относится к области радиотехники, в частности к способу определения взаимного временного рассогласования сигналов базовых станций (БС) в системе сотовой радиосвязи, и может быть использовано, например, в системах сотовой радиосвязи третьего поколения при определении местоположения МП (МП).

БС в системах сотовой радиосвязи с кодовым разделением каналов (CDMA – Code Division Multiple Access) третьего поколения, например, в режиме частотного дуплекса (FDD – Frequency Division Duplex) в системе 3GPP (3rd Generation Partnership Project – партнёрский проект по разработке систем связи третьего поколения), не синхронны между собой. Под синхронностью БС здесь понимается синхронность передачи сигналов разных БС станций в прямом канале. Поэтому возникает задача определения взаимного временного рассогласования сигналов БС.

Определение взаимного временного рассогласования сигналов БС необходимо при определении местоположения МП, а также для уменьшения времени и аппаратных затрат при начальном поиске сигналов БС мобильными станциями и для уменьшения объёма хранимых данных при процедуре мягкой эстафетной передачи (процедура мягкой эстафетной передачи описана в патенте RU № 2137314 [1]).

Известно техническое решение, описанное в статье “Synergies Between Satellite Navigation and Location Services of Terrestrial Mobile Communication”, G. Hein, B. Eissfeller, V. Oehler, Jon O. Winkel, Institute of Geodesy and Navigation, University FAF Munich, ION GPS 2000, 19-22

September 2000, Salt Lake City, UT [2], в котором предлагается для определения взаимных временных рассогласований БС использовать измерительные устройства, принимающие сигналы БС и определяющие их взаимные временные рассогласования.

Недостатками известного технического решения являются невысокая точность определения взаимных временных рассогласований сигналов БС, связанная с непрямым многолучевым распространением сигналов от БС до измерительных устройств, а также невозможность получить взаимное временное рассогласование сигналов БС, прямое измерение для которых недоступно по каким-либо причинам.

Наиболее близким по технической сущности решением к заявляемому способу является решение, описанное в стандарте 3GPP TS 25.305 V3.7.0, 2001 12, "Stage 2 Functional Specification of UE Positioning in UTRAN"[3].

В этом техническом решении предлагается принимать сигналы БС, взаимное временное рассогласование между которыми надо определить, на измерительном устройстве, расположенном на позиции с известными координатами. Для лучшего понимания осуществления способа определения временного рассогласования сигналов БС в системе сотовой радиосвязи по стандарту [3] приведена фиг. 1.

На фиг. 1 показаны БС 1 и 2, взаимное временное рассогласование сигналов, которые необходимо определить, измерительное устройство 3, контроллер 4 БС и центр 5 определения местоположения МП.

Осуществляют известный способ следующим образом.

На измерительном устройстве 3 принимают сигнал БС 1 и сигнал БС 2 и осуществляют заданное число последовательных измерений их временного рассогласования.

Усредняют последовательные измерения временного рассогласования сигналов БС 1 и 2, получая усреднённое измеренное временное рассогласование сигналов данных БС.

Определяют на измерительном устройстве 3 точность усреднённого измеренного временного рассогласования, например, по отношению сигнал/шум сигналов БС 1 и 2. При этом, в качестве точности усреднённого измеренного временного рассогласования выбирают величину, линейно связанную с ошибкой усреднённого измеренного временного рассогласования относительно истинного значения временного рассогласования сигналов БС 1 и 2 при приёме на измерительном устройстве 3.

Передают усреднённое измеренное временное рассогласование сигналов БС 1 и 2 и его точность с измерительного устройства 3 на БС 1 или 2 с использованием существующего в системе связи радиointерфейса, а с соответствующей БС – на контроллер 4 БС по проводной линии связи, соединяющей контроллер 4 БС с этой БС.

На контроллере 4 БС по усреднённому измеренному временному рассогласованию сигналов БС 1 и 2 определяют взаимное временное рассогласование сигналов БС 1 и 2 с учётом известного взаимного расположения БС 1 и 2 и измерительного устройства 3.

Полученное взаимное временное рассогласование сигналов БС 1 и 2 и его точность передают с контроллера 4 БС на центр 5 определения местоположения МП для дальнейшего использования. Для передачи используют проводную линию связи, соединяющую контроллер 4 БС и центр 5 определения местоположения МП.

Таким образом, согласно описанию упомянутого известного способа определения взаимного временного рассогласования сигналов

БС в системе сотовой радиосвязи, можно выделить следующие основные признаки его реализации:

осуществляют на каждом измерительном устройстве последовательные измерения временного рассогласования сигналов как минимум двух БС, сигналы которых принимают на этом измерительном устройстве, и усредняют данные измерения временного рассогласования, получая усреднённое измеренное временное рассогласование сигналов этих БС, определяют его точность;

передают усреднённые измеренные временные рассогласования и их точности с каждого измерительного устройства на одну из БС, сигналы которых принимают на этом измерительном устройстве, а с неё – на контроллер БС, под управлением которого она находится;

определяют на каждом контроллере БС взаимное временное рассогласование сигналов каждой пары БС по усреднённому измеренному временному рассогласованию сигналов этих БС.

Известный способ обладает следующими существенными недостатками.

Во-первых, определение взаимного временного рассогласования сигналов БС по усреднённому измеренному временному рассогласованию сигналов этих БС может быть недостаточно точным.

Это связано с тем, что оценка взаимного временного рассогласования сигналов БС подвержена влиянию шумовых ошибок, внутрисистемных помех и ошибок многолучёвости. При этом разность времён на прямое распространение сигналов БС до измерительного устройства можно учесть, используя известные координаты БС и измерительного устройства.

Обозначим $\Delta t_{1 \rightarrow 2}$ - оценка взаимного временного рассогласования сигналов пары БС, а именно сигнала первой БС пары относительно

сигнала второй БС пары; $\Delta \tilde{t}_{1 \rightarrow 2}$ - истинное значение взаимного временного рассогласования сигналов этой пары БС.

Тогда разница между оценкой $\Delta t_{1 \rightarrow 2}$ и истинным значением $\Delta \tilde{t}_{1 \rightarrow 2}$ будет равна:

$$\Delta t_{1 \rightarrow 2} - \Delta \tilde{t}_{1 \rightarrow 2} = \varepsilon_{noise} + \varepsilon_{multipath,1} - \varepsilon_{multipath,2}, \quad (1)$$

где: ε_{noise} - ошибка, определяемая шумами и внутрисистемными помехами,

$\varepsilon_{multipath,1}$ - ошибка многолучёвости первой БС, равная разности между реальным временем на распространение сигнала первой БС до измерительного устройства и известным временем на прямое распространение её сигнала до измерительного устройства,

$\varepsilon_{multipath,2}$ - ошибка многолучёвости второй БС, равная разности между реальным временем на распространение сигнала второй БС до измерительного устройства и известным временем на прямое распространение её сигнала до измерительного устройства.

Усреднение оценки взаимного временного рассогласования $\Delta t_{1 \rightarrow 2}$ сигналов первой и второй БС на измерительном устройстве приводит к уменьшению величины шумовой ошибки ε_{noise} . Разность ошибок многолучёвости $\varepsilon_{multipath,1} - \varepsilon_{multipath,2}$ остаётся при этом неизменной, так как определяется взаимным расположением первой и второй БС и измерительного устройства, а также окружающих их объектов, таких как здания, горы, холмы и т. д.

Таким образом, точность предлагаемого в прототипе способа определения взаимного временного рассогласования сигналов БС может быть недостаточной, например, для целей локации.

Во-вторых, возможна ситуация, когда между некоторыми двумя БС нет прямого измерения временного рассогласования их сигналов, а необходимо знать их взаимное временное рассогласование.

Такую ситуацию иллюстрирует фиг. 2. На фиг. 2 показаны БС 6, 7 и 8, измерительные устройства 9 и 10 и здание 11.

БС 6 передаёт первый и второй сигналы, которые представляют собой её групповой сигнал.

БС 7 передаёт первый и второй сигналы, которые представляют собой её групповой сигнал.

БС 8 передаёт первый и второй сигналы, которые представляют собой её групповой сигнал.

Под групповым сигналом БС сигнал, передаваемый с БС и содержащий каналы Synchronization Channel (SCH) – канал синхронизации, Common Pilot Channel (CPICH) – общий пилот-канал и Primary Common Control Physical Channel (P-CCPCH) – первичный общий служебный физический канал, а также другие каналы.

Измерительное устройство 9 принимает первые сигналы БС 6 и 7 и измеряет их временное рассогласование.

Измерительное устройство 10 принимает второй сигнал БС 7 и первый сигнал БС 8 и измеряет их временное рассогласование.

Второй сигнал БС 6 блокируется зданием 11 и не может приниматься на измерительном устройстве 10, а второй сигнал БС 8 также блокируется зданием 11 и не может приниматься на измерительном устройстве 9.

Таким образом, прямое измерение временного рассогласования сигналов БС 6 и 8 недоступно и известный способ по стандарту 3GPP не позволяет определить их взаимное временное рассогласование.

Задача, на решение которой направлен заявляемый способ, – это определение взаимного временного рассогласования сигналов любой пары БС системы радиосвязи и повышение точности определения взаимного временного рассогласования сигналов БС.

Решение поставленной задачи достигается за счёт того, что в способ определения взаимного временного рассогласования сигналов БС в системе сотовой радиосвязи, при котором используют контроллеры БС, БС, измерительные устройства и центр определения местоположения МП, причем каждая БС находится под управлением одного контроллера БС, а на каждом измерительном устройстве принимают сигналы как минимум двух БС, и сигнал каждой БС принимают на, как минимум, одном измерительном устройстве, заключающийся в том, что:

осуществляют на каждом измерительном устройстве последовательные измерения временного рассогласования сигналов, как минимум, двух БС, сигналы которых принимают на этом измерительном устройстве, и усредняют данные измерения временного рассогласования, получая усреднённое измеренное временное рассогласование сигналов этих БС, определяют его точность,

передают усреднённые измеренные временные рассогласования и их точности с каждого измерительного устройства на одну из БС, сигналы которых принимают на этом измерительном устройстве, а с неё – на контроллер БС, под управлением которого она находится,

согласно изобретению:

вычитают на каждом контроллере БС из усреднённого измеренного временного рассогласования каждой пары БС известное значение разности задержек на прямое распространение сигналов от первой БС и второй БС этой пары до измерительного устройства, на

котором было получено данное усреднённое измеренное временное рассогласование, получая уточнённое временное рассогласование сигналов этой пары БС,

передают все уточнённые временные рассогласования сигналов БС и их точности с каждого контроллера БС в центр определения местоположения МП,

формируют для каждой пары БС множество всех возможных путей от первой БС до второй БС пары,

формируют для каждого пути из каждого сформированного множества вектор пути, перечисляющий уточнённые временные рассогласования сигналов БС, которые входят в данный путь, и определяют его метрику,

для каждой пары БС из множества всех возможных векторов путей выбирают группу векторов путей, содержащую каждое из полученных уточнённых временных рассогласований, причём число использований каждого из полученных уточнённых временных рассогласований в выбранной группе векторов путей не должно превышать число использований этого уточнённого временного рассогласования в любой другой группе векторов путей, полученной из множества всех возможных векторов путей, а значения метрик векторов путей в выбранной группе не должны превышать значений метрик векторов путей в любой другой группе векторов путей, полученной из множества всех возможных векторов путей,

формируют для каждой пары БС веса уточнённых временных рассогласований сигналов БС, используя выбранную группу векторов путей и полученные точности уточнённых временных рассогласований сигналов БС,

определяют взаимное временное рассогласование сигналов каждой пары БС как взвешенную сумму всех уточнённых временных рассогласований сигналов БС с весами уточнённых временных рассогласований сигналов БС, сформированными для данной пары БС.

Причем, например, при формировании для каждой пары БС множества всех возможных путей формируют каждый путь множества, определяя вершинами данного пути БС, первой вершиной – началом этого пути – первую БС, второй вершиной данного пути – одну из БС, соседних с БС, являющейся первой вершиной этого пути, при этом соседними БС считают такие две БС, для которых получено уточнённое временное рассогласование их сигналов, n -ой вершиной данного пути – одну из БС, соседних с БС, являющейся $(n-1)$ -ой вершиной пути, где n принимает значения от 2 до $N-1$, а N – количество вершин в этом пути, последней вершиной – окончанием данного пути – вторую БС, направление прохода этого пути – от первой БС до второй БС, причём каждая БС может являться вершиной данного пути не более одного раза.

При формировании вектора пути для каждого пути из каждого сформированного множества нумеруют все уточнённые временные рассогласования сигналов БС номерами от 1 до P , где P – число полученных уточнённых временных рассогласований сигналов БС, задают длину каждого вектора пути равной числу уточнённых временных рассогласований P , определяют p -ый элемент каждого вектора пути, где p принимает значения от 1 до P , равным 1, если в данном пути есть ребро, соответствующее p -ому уточнённому временному рассогласованию, и направление прохода данного ребра в пути совпадает с направлением p -ого уточнённого временного рассогласования, где направление p -ого уточнённого временного рассогласования i_p -ой БС относительно j_p -ой БС определяют от i_p -ой

БС к j_p -ой БС, равным -1 , если в данном пути есть ребро, соответствующее p -ому уточнённому временному рассогласованию, и направление прохода данного ребра в пути противоположно направлению p -ого уточнённого временного рассогласования, в противном случае равным 0 .

Метрику вектора пути определяют как сумму произведений модулей элементов этого вектора пути на квадрат точности уточнённого временного рассогласования, соответствующего данному элементу.

При формировании для каждой пары БС весов уточнённых временных рассогласований формируют матрицу корреляций между ошибками оценок взаимного временного рассогласования данной пары БС, полученных по отдельным векторам путей, используя выбранную для этой пары БС группу векторов путей и точности уточнённых временных рассогласований, при этом размер матрицы корреляций равен $[R \times R]$, где R - количество векторов путей в выбранной группе, элемент матрицы корреляций с индексами r_1 и r_2 , где r_1 и r_2 принимают значения от 1 до R , равен сумме произведений элементов r_1 -ого вектора пути на элементы r_2 -го вектора пути и на квадрат точности уточнённого временного рассогласования, соответствующего данным элементам; формируют матрицу, обратную к сформированной матрице корреляций между ошибками оценок взаимного временного рассогласования данной пары БС; используя сформированную для этой пары БС группу векторов путей и матрицу, обратную к сформированной матрице корреляций между ошибками оценок взаимного временного рассогласования данной пары БС, формируют P весов уточнённых временных рассогласований этой пары БС таким образом, что вес p -ого уточнённого временного рассогласования a_p равен

$$a_p = \frac{\sum_{r_1=1}^R \sum_{r_2=1}^R w_{r_1, r_2} (b_p^{r_1} + b_p^{r_2})}{2 \sum_{r_1=1}^R \sum_{r_2=1}^R w_{r_1, r_2}}, \quad (2)$$

где: w_{r_1, r_2} - элемент матрицы, обратной к сформированной матрице корреляций между ошибками оценок взаимного временного рассогласования данной пары БС, с индексами r_1 и r_2 ,

$b_p^{r_1}$ - p -ый элемент r_1 -ого вектора пути выбранной группы,

$b_p^{r_2}$ - p -ый элемент r_2 -ого вектора пути выбранной группы.

Заявляемый способ определения взаимного временного рассогласования сигналов БС в системе сотовой радиосвязи имеет отличия от известных технических решений, которые в совокупности позволяют обеспечить определение взаимного временного рассогласования сигналов любой пары БС системы радиосвязи и повысить точность определения взаимного временного рассогласования сигналов БС.

Эти отличия заключаются в следующем.

Вычитают на каждом контроллере БС из усреднённого измеренного временного рассогласования каждой пары БС известное значение разности задержек на прямое распространение сигналов от первой БС и второй БС этой пары до измерительного устройства, на котором было получено данное усреднённое измеренное временное рассогласование, получая уточнённое временное рассогласование сигналов этой пары БС.

Передают все уточнённые временные рассогласования сигналов БС и их точности с каждого контроллера БС в центр определения местоположения МП.

Формируют для каждой пары БС множество всех возможных путей от первой БС до второй БС пары.

Формируют для каждого пути из каждого сформированного множества вектор пути, перечисляющий уточнённые временные рассогласования сигналов БС, которые входят в данный путь, и определяют его метрику.

Для каждой пары БС из множества всех возможных векторов путей выбирают группу векторов путей, содержащую каждое из полученных уточнённых временных рассогласований, причём число использований каждого из полученных уточнённых временных рассогласований в выбранной группе векторов путей не должно превышать число использований этого уточнённого временного рассогласования в любой другой группе векторов путей, полученной из множества всех возможных векторов путей, а значения метрик векторов путей в выбранной группе не должны превышать значений метрик векторов путей в любой другой группе векторов путей, полученной из множества всех возможных векторов путей.

Формируют для каждой пары БС веса уточнённых временных рассогласований сигналов БС, используя выбранную группу векторов путей и полученные точности уточнённых временных рассогласований сигналов БС.

Определяют взаимное временное рассогласование сигналов каждой пары БС как взвешенную сумму всех уточнённых временных рассогласований сигналов БС с весами уточнённых временных рассогласований сигналов БС, сформированными для данной пары БС.

Описание изобретения поясняется примерами выполнения и чертежами.

Фиг. 1 иллюстрирует работу способа по [3].

На фиг. 2 показано такое размещение БС, измерительных устройств и здания, при котором между двумя базовыми станциями отсутствует прямое измерение временного рассогласования их сигналов.

Фиг. 3 иллюстрирует систему радиосвязи, на примере которой рассмотрена идея заявляемого способа.

На фиг. 4 показан пример выполнения измерительного устройства.

Фиг. 5 иллюстрирует граф, вершинами которого являются БС, а рёбрами – уточнённые временные рассогласования сигналов БС.

На фиг. 6 показано формирование путей от первой БС до второй БС пары, для которых надо определить взаимное временное рассогласование их сигналов.

На фиг. 7 приведен алгоритм общей работы способа.

На фиг. 8 показан пример выполнения той части БС, которая необходима для выполнения заявляемого способа.

Фиг. 9 иллюстрирует работу БС.

На фиг. 10 показан пример выполнения той части контроллера БС, которая необходима для выполнения заявляемого способа.

Фиг. 11 иллюстрирует работу контроллера БС.

На фиг. 12 показан пример выполнения той части центра определения местоположения МП; которая необходима для осуществления заявляемого способа.

Фиг. 13 иллюстрирует алгоритм работы центра определения местоположения МП

Рассмотрим работу заявляемого способа определения взаимного временного рассогласования сигналов БС в системе сотовой радиосвязи.

Сначала поясним идею заявляемого способа на примере.

На фиг. 3 показаны пять БС 12, 13, 14, 15 и 16, четыре измерительных устройства 17, 18, 19 и 20, контроллер 21 БС и центр 22 определения местоположения МП.

БС 12 передаёт сигнал, который представляет собой её групповой сигнал.

БС 13 передаёт первый и второй сигналы, которые представляют собой её групповой сигнал.

БС 14 передаёт первый и второй сигналы, которые представляют собой её групповой сигнал.

БС 15 передаёт первый и второй сигналы, которые представляют собой её групповой сигнал.

БС 16 передаёт первый и второй сигналы, которые представляют собой её групповой сигнал.

Под групповым сигналом БС следует понимать сигнал, передаваемый с БС и содержащий каналы Synchronization Channel (SCH) – канал синхронизации, Common Pilot Channel (CPICH) – общий пилот-канал и Primary Common Control Physical Channel (P-CCPCH) – первичный общий служебный физический канал, а также другие каналы.

На измерительном устройстве 17 принимают сигнал БС 12 и первый сигнал БС 13, осуществляют последовательные измерения временного рассогласования первого сигнала БС 13 относительно сигнала БС 12, усредняют данные измерения временного рассогласования, получая усреднённое измеренное временное рассогласование $\Delta t_{13 \rightarrow 12,17}$ первого сигнала БС 13 относительно сигнала БС 12, и определяют его точность $\sigma_{13 \rightarrow 12,17}$.

На измерительном устройстве 17 также принимают первый сигнал БС 13 и первый сигнал БС 14, осуществляют последовательные измерения временного рассогласования первого сигнала БС 13

относительно первого сигнала БС 14, усредняют данные измерения временного рассогласования, получая усреднённое измеренное временное рассогласование $\Delta t_{13 \rightarrow 14,17}$ первого сигнала БС 13 относительно первого сигнала БС 14, и определяют его точность $\sigma_{13 \rightarrow 14,17}$.

На измерительном устройстве 17 также принимают сигнал БС 12 и первый сигнал БС 14, осуществляют последовательные измерения временного рассогласования сигнала БС 12 относительно первого сигнала БС 14, усредняют данные измерения временного рассогласования, получая усреднённое измеренное временное рассогласование $\Delta t_{12 \rightarrow 14,17}$ сигнала БС 12 относительно первого сигнала БС 14, и определяет его точность $\sigma_{12 \rightarrow 14,17}$.

На измерительном устройстве 20 принимают первые сигналы БС 15 и 16, осуществляют последовательные измерения временного рассогласования первого сигнала БС 16 относительно первого сигнала БС 15, усредняют данные измерения временного рассогласования, получая усреднённое измеренное временное рассогласование $\Delta t_{16 \rightarrow 15,20}$ сигнала первой БС 16 относительно первого сигнала БС 15, и определяют его точность $\sigma_{16 \rightarrow 15,20}$.

На измерительном устройстве 18 принимают вторые сигналы БС 13 и 15, осуществляют последовательные измерения временного рассогласования второго сигнала БС 15 относительно второго сигнала БС 13, усредняют данные измерения временного рассогласования, получая усреднённое измеренное временное рассогласование $\Delta t_{15 \rightarrow 13,18}$ второго сигнала БС 15 относительно второго сигнала БС 13, и определяют его точность $\sigma_{15 \rightarrow 13,18}$.

На измерительном устройстве 19 принимают вторые сигналы БС 14 и 16, осуществляют последовательные измерения временного

рассогласования второго сигнала БС 14 относительно второго сигнала БС 16, усредняют данные измерения временного рассогласования, получая усреднённое измеренное временное рассогласование $\Delta t_{14 \rightarrow 16,19}$ второго сигнала БС 14 относительно второго сигнала БС 16, и определяет его точность $\sigma_{14 \rightarrow 16,19}$.

Рассмотрим, например, как можно получить усреднённое временное рассогласование $\Delta t_{14 \rightarrow 16,19}$ второго сигнала БС 14 относительно второго сигнала БС 16 и определить его точность $\sigma_{14 \rightarrow 16,19}$.

Пусть система радиосвязи – это система 3GPP (3rd Generation Partnership Project – партнёрский проект по разработке стандартов систем связи третьего поколения) в режиме частотного дуплекса. БС радиосвязи передают сигналы, содержащие каналы Synchronization Channel (SCH) – канал синхронизации, Common Pilot Channel (CPICH) – общий пилот-канал и Primary Common Control Physical Channel (P-CCPCH) – первичный общий служебный физический канал.

На фиг. 4 показан пример выполнения измерительного устройства для определения усреднённого измеренного временного рассогласования сигналов БС.

Измерительное устройство для определения усреднённого измеренного временного рассогласования сигналов 14-ой и 16-ой БС в соответствии с фиг. 4 содержит антенну 23, аналоговый приёмник 24, блок 25 поиска группового сигнала 14-ой БС, блок 26 декодирования первичного общего служебного физического канала 14-ой БС, блок 27 поиска группового сигнала 16-ой БС, блок 28 декодирования первичного общего служебного физического канала 16-ой БС и блок 29 определения усреднённого измеренного временного рассогласования сигналов 14-ой и 16-ой БС, при этом вход антенны 23 является входом измерительного устройства, выход антенны 23 соединён с входом

аналогового приёмника 24, выход которого соединён со входами блока 25 поиска группового сигнала 14-ой БС и блока 27 поиска группового сигнала 16-ой БС и с первыми входами блока 26 декодирования первичного общего служебного физического канала 14-ой БС и блока 28 декодирования первичного общего служебного физического канала 16-ой БС, выход блока 25 поиска группового сигнала 14-ой БС соединён с первым входом блока 29 определения усреднённого измеренного временного рассогласования сигналов 14-ой и 16-ой БС и со вторым входом блока 26 декодирования первичного общего служебного физического канала 14-ой БС, выход которого соединён со вторым входом блока 29 определения усреднённого измеренного временного рассогласования сигналов 14-ой и 16-ой БС, выход блока 27 поиска группового сигнала 16-ой БС соединён с третьим входом блока 29 определения усреднённого измеренного временного рассогласования сигналов 14-ой и 16-ой БС и со вторым входом блока 28 декодирования первичного общего служебного физического канала 16-ой БС, выход которого соединён с четвёртым входом блока 29 определения усреднённого измеренного временного рассогласования сигналов 14-ой и 16-ой БС, выход которого является выходом измерительного устройства.

При этом аналоговый приемник может быть выполнен, например, как описано в патенте US № 5,103,459 «System and Method for Generating Signal Waveforms in a CDMA Cellular Telephone System», [4].

Блок 25 поиска группового сигнала 14-ой БС и блок 27 поиска группового сигнала 16-ой БС могут быть выполнены, например, как описано в 3GPP TS 25.214 V3.9.0 (2001-12), Physical layer procedures (FDD), Annex C: Cell search procedure [5] и в Yi-Pin Eric Wang, and Tony

Ottosson, «Cell Search in W-CDMA», IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, VOL. 18, NO. 8, AUGUST 2000 [6].

Блок 26 декодирования первичного общего служебного физического канала 14-ой БС и блок 28 декодирования первичного общего служебного физического канала 16-ой БС могут быть выполнены, например, аналогично когерентным RAKE приёмникам, описанным в Sadayuki ABETA, Mamoru SAWAHASHI, and Fumiyuki ADACHI, «Performance Comparison between Time-Multiplexed Pilot Channel and Parallel Pilot Channel for Coherent Rake Combining in DS-CDMA Mobile Radio», IEICE Trans. Commun., Vol. E81-B, No. 7, July 1998 [7].

Входной сигнал измерительного устройства, содержащий групповые сигналы БС 14 и БС 16, поступает на вход антенны 23, с выхода которой поступает на вход аналогового приёмника 24.

С выхода аналогового приёмника 24 сигнал поступает на входы блока 25 поиска группового сигнала 14-ой БС и блока 27 поиска группового сигнала 16-ой БС и на первые входы блока 26 декодирования первичного общего служебного физического канала 14-ой БС и блока 28 декодирования первичного общего служебного физического канала 16-ой БС.

Блок 25 поиска группового сигнала 14-ой БС по каналу синхронизации и общему пилот каналу осуществляет поиск группового сигнала 14-ой БС внутри области неопределённости размером 38400 чипов псевдослучайной последовательности (ПСП). Под чипом ПСП следует понимать элементарный временной интервал псевдослучайной последовательности.

Допустим, что сигнал 14-ой БС был найден в позиции P_1 . Кроме того, блок 25 поиска группового сигнала 14-ой БС определяет номер первичного скремблирующего кода 14-ой БС.

Сигнал, содержащий значение найденной временной позиции P_1 сигнала 14-ой БС, поступает с выхода блока 25 поиска группового сигнала 14-ой БС на первый вход блока 29 определения усреднённого измеренного временного рассогласования сигналов 14-ой и 16-ой БС и на второй вход блока 26 декодирования первичного общего служебного физического канала 14-ой БС. Также, с выхода блока 25 поиска группового сигнала 14-ой БС на второй вход блока 26 декодирования канала первичного общего служебного физического канала 14-ой БС поступает сигнал, содержащий номер первичного скремблирующего кода 14-ой БС.

Блок 26 декодирования первичного общего служебного физического канала 14-ой БС, используя полученное значение найденной временной позиции P_1 сигнала 14-ой БС и полученный номер первичного скремблирующего кода 14-ой БС, осуществляет дескремблирование, демодуляцию и декодирование первичного общего служебного физического канала, получая значение System Frame Number (SFN) – системного номера кадра 14-ой БС на момент передачи первого чипа ПСП этого кадра. Обозначим данное значение SFN 14-ой БС через SFN_1 .

Сигнал, содержащий найденное значение SFN_1 SFN 14-ой БС, поступает с выхода блока 26 декодирования первичного общего служебного физического канала 14-ой БС на второй вход блока 29 определения усреднённого измеренного временного рассогласования сигналов 14-ой и 16-ой БС.

Блок 27 поиска группового сигнала 16-ой БС по каналу синхронизации и общему пилот каналу осуществляет поиск группового сигнала 16-ой БС внутри области неопределённости размером 38400 чипов ПСП. Допустим, что сигнал 16-ой БС был найден в позиции P_2 . Кроме того, блок 27 поиска группового сигнала 16-ой БС определяет номер первичного скремблирующего кода 16-ой БС.

Сигнал, содержащий значение найденной временной позиции P_2 сигнала 16-ой БС, поступает с выхода блока 27 поиска группового сигнала 16-ой БС на третий вход блока 29 определения усреднённого измеренного временного рассогласования сигналов 14-ой и 16-ой БС и на второй вход блока 28 декодирования первичного общего служебного физического канала 16-ой БС. Также, с выхода блока 27 поиска группового сигнала 16-ой БС на второй вход блока 28 декодирования первичного общего служебного физического канала 16-ой БС поступает сигнал, содержащий номер первичного скремблирующего кода 16-ой БС.

Блок 28 декодирования первичного общего служебного физического канала 16-ой БС, используя полученное значение найденной временной позиции P_2 сигнала 16-ой БС и полученный номер первичного скремблирующего кода 16-ой БС, осуществляет дескремблирование, демодуляцию и декодирование первичного общего служебного физического канала, получая значение SFN 16-ой БС на момент передачи первого чипа ПСП этого кадра. Обозначим данное значение SFN 16-ой БС через SFN_2 .

Сигнал, содержащий найденное значение SFN_2 SFN 16-ой БС, поступает с выхода блока 28 декодирования первичного общего служебного физического канала 16-ой БС на четвёртый вход блока 29

определения усреднённого измеренного временного рассогласования сигналов 14-ой и 16-ой БС.

Блок 29 определения усреднённого измеренного временного рассогласования сигналов 14-ой и 16-ой БС определяет измеренное временное рассогласование сигнала БС 14 относительно сигнала БС 16 по формуле:

$$(SFN_1 - SFN_2)T_{fr} + (P_1 - P_2)T_{ch}, \quad (3)$$

где: T_{fr} – длительность одного кадра сигнала БС в системе 3GPP, равная 10 мс,

T_{ch} – длительность одного чипа ПСП, равная $1/(3.84 \cdot 10^6)$ с или порядка 260 нс.

Блок 29 определения усреднённого измеренного временного рассогласования сигналов 14-ой и 16-ой БС может усреднять несколько полученных последовательно измеренных временных рассогласований сигнала БС 14 относительно сигнала БС 16, получая усреднённое измеренное временное рассогласование сигнала БС 14 относительно сигнала БС 16. Блок 29 может быть реализован на процессоре цифровой обработки сигналов по описанному выше алгоритму.

Если все измерительные устройства осуществляют определение усреднённых измеренных временных рассогласований сигналов БС аналогичными способами с одинаковым количеством усреднений, то точности всех усреднённых измеренных временных рассогласований сигналов БС можно определить одинаковыми и равными, например, 100 нс. В общем случае, при более сложных и более точных способах определения усреднённых измеренных временных рассогласований сигналов БС или при разном количестве усреднений на разных измерительных устройствах, точности разных усреднённых измеренных временных рассогласований сигналов БС будут разными и зависеть,

например, от отношений сигнал/шум сигналов, усреднённое измеренное временное рассогласование которых определяется, и/или от количества усреднений.

Передают усреднённые измеренные временные рассогласования $\Delta t_{13 \rightarrow 12,17}$, $\Delta t_{13 \rightarrow 14,17}$ и $\Delta t_{12 \rightarrow 14,17}$ и их точности $\sigma_{13 \rightarrow 12,17}$, $\sigma_{13 \rightarrow 14,17}$ и $\sigma_{12 \rightarrow 14,17}$ с измерительного устройства 17 на БС 13, а с неё – на контроллер 21 БС.

Передают усреднённое измеренное временное рассогласование $\Delta t_{15 \rightarrow 13,18}$ и его точность $\sigma_{15 \rightarrow 13,18}$ с измерительного устройства 18 на БС 13, а с неё – на контроллер 21 БС.

Передают усреднённое измеренное временное рассогласование $\Delta t_{14 \rightarrow 16,19}$ и его точность $\sigma_{14 \rightarrow 16,19}$ с измерительного устройства 19 на БС 14, а с неё – на контроллер 21 БС.

Передают усреднённое измеренное временное рассогласование $\Delta t_{16 \rightarrow 15,20}$ и его точность $\sigma_{16 \rightarrow 15,20}$ с измерительного устройства 20 на БС 15, а с неё – на контроллер 21 БС.

Для передачи усреднённых измеренных временных рассогласований сигналов БС и их точностей с измерительных устройств на БС используют существующий в системе сотовой связи радиointерфейс, а для передачи с БС на контроллер БС – проводные линии связи, соединяющие эти БС с контроллером БС.

В контроллере БС 21 вычитают из усреднённого измеренного временного рассогласования $\Delta t_{13 \rightarrow 12,17}$ известное значение разности задержек на прямое распространение сигналов от БС 13 и от БС 12 до измерительного устройства 17, получая уточнённое временное рассогласование $\Delta \tilde{t}_{13 \rightarrow 12,17}$ сигнала БС 13 относительно сигнала БС 12.

Обозначим через $\tau_{13 \rightarrow 17}$ задержку на распространение сигнала от БС 13 до измерительного устройства 17, через $\tau_{12 \rightarrow 17}$ – задержку на распространение сигнала от БС 12 до измерительного устройства 17.

Обозначим координаты БС 12 через x_{12}, y_{12}, z_{12} , координаты БС 13 через x_{13}, y_{13}, z_{13} , а координаты измерительного устройства 17 через x_{17}, y_{17}, z_{17} .

Координаты БС и измерительных устройств могут быть определены, например, с помощью приёмника сигналов спутников глобальной радионавигационной системы GPS и/или ГЛОНАСС.

Тогда

$$\tau_{12 \rightarrow 17} = \frac{\sqrt{(x_{12} - x_{17})^2 + (y_{12} - y_{17})^2 + (z_{12} - z_{17})^2}}{c}, \quad (4)$$

$$\tau_{13 \rightarrow 17} = \frac{\sqrt{(x_{13} - x_{17})^2 + (y_{13} - y_{17})^2 + (z_{13} - z_{17})^2}}{c}, \quad (5)$$

где c – скорость света.

Уточнённое временное рассогласование $\Delta \tilde{t}_{13 \rightarrow 12, 17}$ сигнала БС 13 относительно сигнала БС 12 равно

$$\Delta \tilde{t}_{13 \rightarrow 12, 17} = \Delta t_{13 \rightarrow 12, 17} - (\tau_{13 \rightarrow 17} - \tau_{12 \rightarrow 17}) \quad (6).$$

При этом точность уточнённого временного рассогласования $\Delta \tilde{t}_{13 \rightarrow 12, 17}$ равна точности усреднённого измеренного временного рассогласования $\Delta t_{13 \rightarrow 12, 17}$ и равна $\sigma_{13 \rightarrow 12, 17}$.

Аналогично определяют уточнённое временное рассогласование $\Delta \tilde{t}_{13 \rightarrow 14, 17}$ сигнала БС 13 относительно сигнала БС 14, уточнённое временное рассогласование $\Delta \tilde{t}_{12 \rightarrow 14, 17}$ сигнала БС 12 относительно сигнала БС 14, уточнённое временное рассогласование $\Delta \tilde{t}_{15 \rightarrow 13, 18}$ сигнала

БС 15 относительно сигнала БС 13, уточнённое временное рассогласование $\Delta\tilde{t}_{14 \rightarrow 16,19}$ сигнала БС 14 относительно сигнала БС 16 и уточнённое временное рассогласование $\Delta\tilde{t}_{16 \rightarrow 15,20}$ сигнала БС 16 относительно сигнала БС 15.

Передают уточнённые временные рассогласования $\Delta\tilde{t}_{13 \rightarrow 12,17}$, $\Delta\tilde{t}_{13 \rightarrow 14,17}$, $\Delta\tilde{t}_{12 \rightarrow 14,17}$, $\Delta\tilde{t}_{15 \rightarrow 13,18}$, $\Delta\tilde{t}_{14 \rightarrow 16,19}$ и $\Delta\tilde{t}_{16 \rightarrow 15,20}$ и их точности $\sigma_{13 \rightarrow 12,17}$, $\sigma_{13 \rightarrow 14,17}$, $\sigma_{12 \rightarrow 14,17}$, $\sigma_{15 \rightarrow 13,18}$, $\sigma_{14 \rightarrow 16,19}$ и $\sigma_{16 \rightarrow 15,20}$ с контроллера 21 БС на центр 22 определения местоположения МП.

Для передачи используют проводную линию связи, соединяющую контроллер 21 БС и центр 22 определения местоположения МП.

Пусть необходимо определить взаимное временное рассогласование $\Delta\tilde{t}_{13 \rightarrow 14}$ сигнала БС 13 относительно сигнала БС 14.

Обозначим истинное значение взаимного временного рассогласования сигнала БС 13 относительно сигнала БС 14 через $\Delta t_{13 \rightarrow 14}$, сигнала БС 13 относительно сигнала БС 12 через $\Delta t_{13 \rightarrow 12}$, сигнала БС 12 относительно сигнала БС 14 через $\Delta t_{12 \rightarrow 14}$, сигнала БС 15 относительно сигнала БС 13 через $\Delta t_{15 \rightarrow 13}$, сигнала БС 14 относительно сигнала БС 16 через $\Delta t_{14 \rightarrow 16}$, а сигнала БС 16 относительно сигнала БС 15 через $\Delta t_{16 \rightarrow 15}$.

Так как $\Delta t_{13 \rightarrow 14} = \Delta t_{13 \rightarrow 12} + \Delta t_{12 \rightarrow 14}$ и $\Delta t_{13 \rightarrow 14} = -\Delta t_{15 \rightarrow 13} - \Delta t_{16 \rightarrow 15} - \Delta t_{14 \rightarrow 16}$ то взаимное временное рассогласование $\Delta\tilde{t}_{13 \rightarrow 14}$ может быть оценено тремя способами:

$$\Delta\tilde{t}_{13 \rightarrow 14,17},$$

$$\Delta\tilde{t}_{13 \rightarrow 12,17} + \Delta\tilde{t}_{12 \rightarrow 14,17} \text{ и}$$

$$-\Delta\tilde{t}_{15 \rightarrow 13,18} - \Delta\tilde{t}_{16 \rightarrow 15,20} - \Delta\tilde{t}_{14 \rightarrow 16,19}.$$

Представим конфигурацию из БС 12 – 16 и уточнённых временных рассогласований $\Delta\tilde{t}_{13 \rightarrow 12,17}$, $\Delta\tilde{t}_{13 \rightarrow 14,17}$, $\Delta\tilde{t}_{12 \rightarrow 14,17}$, $\Delta\tilde{t}_{15 \rightarrow 13,18}$, $\Delta\tilde{t}_{14 \rightarrow 16,19}$ и $\Delta\tilde{t}_{16 \rightarrow 15,20}$ в виде графа (смотри фиг. 5).

Вершинами полученного графа являются БС 12 – 16, а рёбрами – уточнённые временные рассогласования $\Delta\tilde{t}_{13 \rightarrow 12,17}$, $\Delta\tilde{t}_{13 \rightarrow 14,17}$, $\Delta\tilde{t}_{12 \rightarrow 14,17}$, $\Delta\tilde{t}_{15 \rightarrow 13,18}$, $\Delta\tilde{t}_{14 \rightarrow 16,19}$ и $\Delta\tilde{t}_{16 \rightarrow 15,20}$.

Зададим направления рёбер графа, совпадающими с направлениями уточнённых временных рассогласований. Так, например, ребро между БС 13 и БС 14 соответствует уточнённому временному рассогласованию $\Delta\tilde{t}_{13 \rightarrow 14,17}$ сигнала БС 13 относительно сигнала БС 14 и, соответственно, направлено от БС 13 к БС 14.

Три оценки $\Delta t_{13 \rightarrow 14,17}$, $\Delta t_{13 \rightarrow 12,17} + \Delta t_{12 \rightarrow 14,17}$ и $-\Delta t_{15 \rightarrow 13,18} - \Delta t_{16 \rightarrow 15,20} - \Delta t_{14 \rightarrow 16,19}$ взаимного временного рассогласования $\Delta\tilde{t}_{13 \rightarrow 14}$ трём путям графа от БС 13 до БС 14, показанным на фиг. 6.

Данные три пути представляют собой множество всех возможных путей от БС 13 до БС 14.

Вершинами каждого из данных путей являются часть БС, которые являются вершинами графа.

Первой вершиной каждого из данных путей является БС 13, а последней вершиной – БС 14.

Второй вершиной первого пути является БС 12, соседняя с первой вершиной – БС 13.

Второй вершиной третьего пути является БС 15, соседняя с первой вершиной – БС 13. Третьей вершиной третьего пути является БС 16, соседняя со второй вершиной третьего пути – БС 15.

При этом соседними БС определяют такие БС, для которых получено уточнённое временное рассогласование их сигналов. Так, например, БС 15 и БС 16 являются соседними, так как получено уточнённое временное рассогласование $\Delta\tilde{t}_{16 \rightarrow 15,20}$ их сигналов.

Направление прохода каждого из данных путей определяют от БС 13 до БС 14.

Всего получено шесть уточнённых временных рассогласований. Пронумеруем их номерами от 1 до 6, например, следующим образом:

$$\Delta t_1 = \Delta\tilde{t}_{13 \rightarrow 12,17},$$

$$\Delta t_2 = \Delta\tilde{t}_{13 \rightarrow 14,17},$$

$$\Delta t_3 = \Delta\tilde{t}_{12 \rightarrow 14,17},$$

$$\Delta t_4 = \Delta\tilde{t}_{15 \rightarrow 13,18},$$

$$\Delta t_5 = \Delta\tilde{t}_{14 \rightarrow 16,19},$$

$$\Delta t_6 = \Delta\tilde{t}_{16 \rightarrow 15,20}.$$

Введём понятия вектора уточнённых временных рассогласований и вектора точностей уточнённых временных рассогласований.

Под вектором уточнённых временных рассогласований $\Delta\tilde{t}$ длиной, равной шести — числу полученных уточнённых временных рассогласований, будем понимать вектор

$$\Delta\tilde{t} = \begin{bmatrix} \Delta t_1 \\ \Delta t_2 \\ \Delta t_3 \\ \Delta t_4 \\ \Delta t_5 \\ \Delta t_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta\tilde{t}_{13 \rightarrow 12,17} \\ \Delta\tilde{t}_{13 \rightarrow 14,17} \\ \Delta\tilde{t}_{12 \rightarrow 14,17} \\ \Delta\tilde{t}_{15 \rightarrow 13,18} \\ \Delta\tilde{t}_{14 \rightarrow 16,19} \\ \Delta\tilde{t}_{16 \rightarrow 15,20} \end{bmatrix}, \quad (7)$$

где: p -ый элемент Δt_p вектора $\Delta\tilde{t}$, где p принимает значения от 1 до 6, равен p -ому уточнённому временному рассогласованию сигналов БС.

Под вектором точностей уточнённых временных рассогласований $\vec{\sigma}$ длиной, равной шести – числу полученных уточнённых временных рассогласований, будем понимать вектор

$$\vec{\sigma} = \begin{bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \\ \sigma_4 \\ \sigma_5 \\ \sigma_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{13 \rightarrow 12, 17} \\ \sigma_{13 \rightarrow 14, 17} \\ \sigma_{12 \rightarrow 14, 17} \\ \sigma_{15 \rightarrow 13, 18} \\ \sigma_{14 \rightarrow 16, 19} \\ \sigma_{16 \rightarrow 15, 20} \end{bmatrix}, \quad (8)$$

где: p -ый элемент σ_p вектора $\vec{\sigma}$, где p принимает значения от 1 до 6, равен точности p -ого уточнённого временного рассогласования сигналов БС.

Сформируем для каждого пути из сформированного множества всех возможных путей от БС 13 до БС 14 вектор пути, перечисляющий уточнённые временные рассогласования сигналов БС, которые входят в данный путь.

Задают длину каждого вектора пути, равной шести – числу уточнённых временных рассогласований.

Определяют p -ый элемент u -ого вектора пути, где p принимает значения от 1 до 6, а u принимает значения от 1 до 3, равным 1, если в данном пути есть ребро, соответствующее p -ому уточнённому временному рассогласованию, и направление прохода данного ребра в пути совпадает с направлением p -ого уточнённого временного рассогласования, равным -1, если в данном пути есть ребро, соответствующее p -ому уточнённому временному рассогласованию, и направление прохода данного ребра в пути противоположно направлению p -ого уточнённого временного рассогласования, в противоположном случае равным 0.

В результате получают три вектора пути \bar{B}^1 , \bar{B}^2 и \bar{B}^3 , соответствующие трём путям от БС 13 до БС 14, которые равны:

$$\bar{B}^1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \bar{B}^2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \bar{B}^3 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix}. \quad (9)$$

Определяют метрику u -ого вектора пути, где u принимает значения от 1 до 3, равной

$$\sum_{p=1}^6 |b_p^u| \sigma_p^2, \quad (10),$$

где: b_p^u – p -ый элемент u -ого вектора пути,

σ_p – p -ый элемент вектора $\bar{\sigma}$ точностей уточнённых временных рассогласований сигналов БС.

Так, метрика первого вектора пути \bar{B}^1 равна $\sigma_1^2 + \sigma_3^2$, метрика второго вектора пути \bar{B}^2 равна σ_2^2 , метрика третьего вектора пути \bar{B}^3 равна $\sigma_4^2 + \sigma_5^2 + \sigma_6^2$.

Из множества всех возможных векторов путей выбирают группу векторов путей, содержащую каждое из полученных уточнённых временных рассогласований, причём число использований каждого из полученных уточнённых временных рассогласований в выбранной группе векторов путей не должно превышать число использований этого уточнённого временного рассогласования в любой другой группе векторов путей, полученной из множества всех возможных векторов путей, а значения метрик векторов путей в выбранной группе не должны превышать значений метрик векторов путей в любой другой группе векторов путей, полученной из множества всех возможных векторов путей.

Данные три критерия выбора группы векторов путей будут подробнее пояснены позднее.

В данном примере выбранная группа векторов путей совпадает с множеством всех возможных векторов путей от БС 13 до БС 14.

Используя вектор уточнённых временных рассогласований $\Delta \vec{t}$ и три сформированных вектора путей \vec{B}^1 , \vec{B}^2 и \vec{B}^3 , можно сформировать три оценки величины взаимного временного рассогласования $\Delta \tilde{t}_{13 \rightarrow 14}$ сигнала БС 13 относительно сигнала БС 14. При этом r -ая оценка величины взаимного временного рассогласования $\Delta \tilde{t}_{13 \rightarrow 14}$, где r принимает значения от 1 до 3, равна

$$\sum_{p=1}^3 b_p^r \Delta t_p, \quad (11),$$

где: b_p^r — p -ый элемент r -ого вектора пути \vec{B}^r ,

Δt_p — p -ое уточнённое временное рассогласование (p -ый элемент вектора уточнённых временных рассогласований $\Delta \vec{t}$).

Ошибка ε_r r -ой оценки величины взаимного временного рассогласования $\Delta \tilde{t}_{13 \rightarrow 14}$ относительно истинного значения временного рассогласования $\Delta t_{13 \rightarrow 14}$ сигнала БС 13 относительно сигнала БС 14 равна

$$\varepsilon_r = \Delta t_{13 \rightarrow 14} - \sum_{p=1}^3 b_p^r \Delta t_p \quad (12)$$

Используя вектор точностей уточнённых временных рассогласований сигналов БС $\vec{\sigma}$ и три сформированных вектора пути \vec{B}^1 , \vec{B}^2 и \vec{B}^3 , формируют матрицу корреляций между ошибками оценок взаимного временного рассогласования $\Delta \tilde{t}_{13 \rightarrow 14}$, полученных по отдельным векторам путей.

Размер матрицы корреляций равен $[3 \times 3]$. Элемент матрицы корреляций с индексами r_1 и r_2 , где r_1 и r_2 принимают значения от 1 до 3, равен

$$k_{r_1, r_2} = K[\varepsilon_{r_1}, \varepsilon_{r_2}] = \sum_{p=1}^6 b_p^{r_1} b_p^{r_2} \sigma_p^2 \quad (13),$$

где: $K[\varepsilon_{r_1}, \varepsilon_{r_2}]$ – коэффициент корреляции между ошибкой ε_{r_1} r_1 -ой оценки взаимного временного рассогласования $\Delta \tilde{t}_{13 \rightarrow 14}$ и ошибкой ε_{r_2} r_2 -ой оценки взаимного временного рассогласования $\Delta \tilde{t}_{13 \rightarrow 14}$,

$b_p^{r_1}$ – p -ый элемент r_1 -ого вектора пути \bar{B}^{r_1} ,

$b_p^{r_2}$ – p -ый элемент r_2 -ого вектора пути \bar{B}^{r_2} .

В данном примере матрица корреляций $\hat{K}_{13 \rightarrow 14}$ будет равна

$$\hat{K}_{13 \rightarrow 14} = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 + \sigma_3^2 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2^2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_4^2 + \sigma_5^2 + \sigma_6^2 \end{bmatrix} \quad (14).$$

В общем случае матрица корреляций будет недиагональная.

Формируют матрицу $\hat{W}_{13 \rightarrow 14}$, обратную к сформированной матрице корреляций $\hat{K}_{13 \rightarrow 14}$. В данном примере матрица $\hat{W}_{13 \rightarrow 14}$, обратная к сформированной матрице корреляций $\hat{K}_{13 \rightarrow 14}$, равна

$$\hat{W}_{13 \rightarrow 14} = (\hat{K}_{13 \rightarrow 14})^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sigma_1^2 + \sigma_3^2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sigma_2^2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\sigma_4^2 + \sigma_5^2 + \sigma_6^2} \end{bmatrix} \quad (15).$$

Используя сформированную группу векторов путей, состоящую из векторов путей \bar{B}^1 , \bar{B}^2 и \bar{B}^3 , и сформированную матрицу $\hat{W}_{13 \rightarrow 14}$, обратную к сформированной матрице корреляций $\hat{K}_{13 \rightarrow 14}$, формируют шесть весов уточнённых временных рассогласований таким образом, что

вес p -ого уточнённого временного рассогласования a_p , где p принимает значения от 1 до 6, равен:

$$a_p = \frac{\sum_{r_1=1}^3 \sum_{r_2=1}^3 w_{r_1, r_2} (b_p^{r_1} + b_p^{r_2})}{2 \sum_{r_1=1}^3 \sum_{r_2=1}^3 w_{r_1, r_2}} \quad (16),$$

где: w_{r_1, r_2} — элемент сформированной матрицы $\hat{W}_{13 \rightarrow 14}$ с индексами r_1 и r_2 ,

где r_1 и r_2 принимают значения от 1 до 3,

$b_p^{r_1}$ — p -ый элемент r_1 -ого вектора пути \bar{B}^{r_1} ,

$b_p^{r_2}$ — p -ый элемент r_2 -ого вектора пути \bar{B}^{r_2} .

В данном примере веса уточнённых временных рассогласований равны

$$a_1 = a_3 = \frac{\sigma_2^2 (\sigma_4^2 + \sigma_5^2 + \sigma_6^2)}{\sigma_2^2 (\sigma_4^2 + \sigma_5^2 + \sigma_6^2) + \sigma_2^2 (\sigma_1^2 + \sigma_3^2) + (\sigma_1^2 + \sigma_3^2) (\sigma_4^2 + \sigma_5^2 + \sigma_6^2)} \quad (17)$$

$$a_2 = \frac{(\sigma_1^2 + \sigma_3^2) (\sigma_4^2 + \sigma_5^2 + \sigma_6^2)}{\sigma_2^2 (\sigma_4^2 + \sigma_5^2 + \sigma_6^2) + \sigma_2^2 (\sigma_1^2 + \sigma_3^2) + (\sigma_1^2 + \sigma_3^2) (\sigma_4^2 + \sigma_5^2 + \sigma_6^2)} \quad (18)$$

$$a_4 = a_5 = a_6 = - \frac{\sigma_2^2 (\sigma_1^2 + \sigma_3^2)}{\sigma_2^2 (\sigma_4^2 + \sigma_5^2 + \sigma_6^2) + \sigma_2^2 (\sigma_1^2 + \sigma_3^2) + (\sigma_1^2 + \sigma_3^2) (\sigma_4^2 + \sigma_5^2 + \sigma_6^2)} \quad (19).$$

Определяют взаимное временное рассогласование $\Delta \tilde{t}_{13 \rightarrow 14}$ сигнала БС 13 относительно сигнала БС 14 как

$$\Delta \tilde{t}_{13 \rightarrow 14} = \sum_{p=1}^6 a_p \Delta t_p \quad (20),$$

т. е. как взвешенную сумму всех уточнённых временных рассогласований Δt_p сигналов БС с весами a_p уточнённых временных рассогласований сигналов БС, где p принимает значения от 1 до 6.

Рассмотрим теперь систему сотовой радиосвязи, включающую контроллеры БС, БС, измерительные устройства и центр определения местоположения МП, причем каждая БС находится под управлением

одного контроллера БС, а на каждом измерительном устройстве принимают сигналы как минимум двух БС, и сигнал каждой БС принимают на как минимум одном измерительном устройстве.

Каждая БС передаёт сигнал, который представляет собой её групповой сигнал.

Осуществляют на каждом измерительном устройстве последовательные измерения временного рассогласования сигналов как минимум двух БС, сигналы которых принимают на этом измерительном устройстве, и усредняют данные измерения временного рассогласования, получая усреднённое измеренное временное рассогласование сигналов этих БС, определяют его точность.

Передают усреднённые измеренные временные рассогласования и их точности с каждого измерительного устройства на одну из БС, сигналы которых принимают на этом измерительном устройстве, а с неё – на контроллер БС, под управлением которого она находится.

Вычитают на каждом контроллере БС из усреднённого измеренного временного рассогласования каждой пары БС известное значение разности задержек на прямое распространение сигналов от первой БС и второй БС этой пары до измерительного устройства, на котором было получено данное усреднённое измеренное временное рассогласование, получая уточнённое временное рассогласование сигналов этой пары БС.

Передают все уточнённые временные рассогласования сигналов БС и их точности с каждого контроллера БС в центр определения местоположения МП.

Формируют для каждой пары БС множество всех возможных путей от первой БС до второй БС пары следующим образом.

Пусть система сотовой радиосвязи включает L БС. Пронумеруем все БС номерами от 1 до L .

Определим понятие соседних БС.

БС i является соседней с БС j , где i и j принимают значения 1 до L , если получено хотя бы одно уточнённое временное рассогласование сигнала БС i относительно сигнала БС j . При этом, если получено p уточнённых временных рассогласований сигнала БС i относительно сигнала БС j , то данные БС являются p раз соседними друг с другом.

Формируют для каждой БС множество соседних БС следующим образом.

Пусть количество БС, соседних с БС i , где i принимает значения 1 до L , равно Q_i . Обозначим множество БС, соседних с БС i , через $\bar{D}_i = \{d_1^i, d_2^i, \dots, d_{Q_i}^i\}$, где q_i -ый элемент $d_{q_i}^i$ множества \bar{D}_i , где q_i принимает значения от 1 до Q_i , – номер q_i -ой БС, соседней с БС i . При этом, если какая-то БС является p раз соседней с БС i , то её номер входит во множество \bar{D}_i p раз.

Всего формируют L множеств \bar{D}_i соседних БС.

Формируют для каждой пары БС множество всех возможных путей от первой БС до второй БС пары следующим образом.

Пусть надо найти все пути от БС i_m до БС j_m , где i_m и j_m принимают значения 1 до L . Это осуществляется последовательным перебором:

всех БС, соседних с БС i_m ,

всех БС, соседних с базовыми станциями, соседних с БС i_m ,

всех БС, соседних с базовыми станциями, соседних с базовыми станциями, соседних с БС i_m ,

и т. д.

Причём, последовательный перебор осуществляется таким образом, что:

последовательность перебора однозначно определяется последовательностями номеров БС $\{d_0^i, d_1^i, \dots, d_{Q_i}^i\}$ в сформированных множествах \bar{D}_i соседних БС;

при последовательном переборе в каждый путь добавляют только те номера БС, которые в нём не встречались.

В общем случае длины получившихся в результате последовательного перебора путей будут разные, но длина каждого пути меньше, либо равна количеству БС L .

При последовательном переборе каждый путь представляет собой последовательность номеров БС в пути.

При этом, первый элемент последовательности номеров БС каждого из сформированных путей равен i_m . Последний элемент последовательности номеров БС каждого из сформированных путей может быть равен j_m или нет. Из всех сформированных путей оставляют только те, которые заканчиваются на БС j_m , т. е. последний элемент последовательности номеров БС которых равен j_m .

Пусть таких путей осталось U штук. Они образуют множество всех возможных путей от БС i_m до БС j_m . Пронумеруем их номерами от 1 до U .

Пусть получено P уточнённых временных рассогласований сигналов БС. Пронумеруем их номерами от 1 до P .

Введём понятия вектора уточнённых временных рассогласований и вектора точностей уточнённых временных рассогласований.

Под вектором уточнённых временных рассогласований $\Delta \bar{t}$ длиной, равной P – числу полученных уточнённых временных рассогласований, будем понимать вектор

$$\Delta \bar{t} = \begin{bmatrix} \Delta t_1 \\ \Delta t_2 \\ \vdots \\ \Delta t_p \end{bmatrix} \quad (21),$$

где: p -ый элемент Δt_p вектора $\Delta \bar{t}$, где p принимает значения от 1 до P , равен p -ому уточнённому временному рассогласованию сигналов БС.

Под вектором точностей уточнённых временных рассогласований $\bar{\sigma}$ длиной, равной P – числу полученных уточнённых временных рассогласований, будем понимать вектор

$$\bar{\sigma} = \begin{bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \vdots \\ \sigma_p \end{bmatrix} \quad (22),$$

где: p -ый элемент σ_p вектора $\bar{\sigma}$, где p принимает значения от 1 до P , равен точности p -ого уточнённого временного рассогласования сигналов БС.

Формируют для каждого пути из каждого сформированного множества всех возможных путей вектор пути, перечисляющий уточнённые временные рассогласования сигналов БС, которые входят в данный путь.

Рассмотрим данную операцию, например, для множества всех возможных путей от БС i_m до БС j_m .

Задают длину каждого вектора пути, равной P – числу уточнённых временных рассогласований.

Определяют p -ый элемент u -ого вектора пути, где p принимает значения от 1 до P , а u принимает значения от 1 до U , равным 1, если в

данном пути есть ребро, соответствующее p -ому уточнённому временному рассогласованию, и направление прохода данного ребра в пути совпадает с направлением p -ого уточнённого временного рассогласования, равным -1 , если в данном пути есть ребро, соответствующее p -ому уточнённому временному рассогласованию, и направление прохода данного ребра в пути противоположно направлению p -ого уточнённого временного рассогласования, в противном случае равным 0 .

Получают U векторов путей $\bar{B}^1, \dots, \bar{B}^U$ от BCi_m до BCj_m . Сформированное множество векторов всех возможных путей от BCi_m до BCj_m в общем случае избыточно.

Определяют метрику для каждого из сформированных векторов путей. Так, например, метрику u -го вектора \bar{B}^u из множества векторов всех возможных путей от BCi_m до BCj_m определяют как

$$\sum_{p=1}^P |b_p^u| \sigma_p^2 \quad (23),$$

где: b_p^u — p -ый элемент u -го вектора пути \bar{B}^u от BCi_m до BCj_m ,

σ_p — p -ый элемент вектора точностей уточнённых временных рассогласований $\bar{\sigma}$.

Из множества всех возможных векторов путей выбирают группу векторов путей, содержащую каждое из полученных уточнённых временных рассогласований, причём число использований каждого из полученных уточнённых временных рассогласований в выбранной группе векторов путей не должно превышать число использований этого уточнённого временного рассогласования в любой другой группе векторов путей, полученной из множества всех возможных векторов путей, а значения метрик векторов путей в выбранной группе не должны

превышать значений метрик векторов путей в любой другой группе векторов путей, полученной из множества всех возможных векторов путей.

Рассмотрим данную операцию на примере выбора группы векторов путей из множества всех возможных векторов путей от $BC i_m$ до $BC j_m$.

Сортируют множество всех возможных векторов путей от $BC i_m$ до $BC j_m$ в порядке возрастания метрик векторов путей. Пусть в результате сортировки получилось U векторов путей $\bar{B}^1, \dots, \bar{B}^U$, где вектор пути \bar{B}^1 имеет наименьшую метрику, а вектор пути \bar{B}^U – наибольшую метрику.

Определим вектор уточнённых временных рассогласований \bar{C} вектора пути \bar{B}^u . Длина вектора \bar{C} равна P , а p -ый элемент вектора \bar{C} равен $c_p = |b_p^u|$, т. е. равен модулю p -ого элемента вектора пути \bar{B}^u .

Определим вектор уточнённых временных рассогласований \bar{C} векторов путей $\bar{B}^{u_1}, \bar{B}^{u_2}, \dots$. Длина вектора \bar{C} равна P ; а p -ый элемент вектора \bar{C} определяют следующим образом:

$$c_p = 0, \text{ если } b_p^{u_1} = 0, b_p^{u_2} = 0, \dots,$$

в противном случае $c_p = 1$.

Для выбора группы векторов путей из множества всех возможных векторов путей от $BC i_m$ до $BC j_m$ последовательно в $U - 1$ шагов пробуют удалять из множества вектора путей $\bar{B}^2, \dots, \bar{B}^U$, при этом на u -ом шаге, где u принимает значения от 2 до U ; пробуют удалить вектор пути \bar{B}^u следующим образом:

формируют вектор \bar{C} как вектор уточнённых временных рассогласований векторов путей $\bar{B}^{u-1}, \bar{B}^{u-2}, \dots, \bar{B}^1$,

если для всех p , где p принимает значения от 1 до P , для которых $c_p = 0$, выполняется условие $b_p^u = 0$, то вектор пути \bar{B}^u можно удалить, в противном случае пути \bar{B}^u удалить нельзя.

Пусть осталось R векторов путей от БС i_m до БС j_m . Они образуют выбранную группу векторов путей $\bar{B}^1, \dots, \bar{B}^R$ от БС i_m до БС j_m , которую используют в дальнейшем.

Формируют для каждой пары БС веса уточнённых временных рассогласований сигналов БС, используя выбранную группу векторов путей и полученные точности уточнённых временных рассогласований сигналов БС.

Поясним данную операцию на примере формирования весов уточнённых временных рассогласований сигналов БС для БС i_m и j_m .

Используя вектор точностей уточнённых временных рассогласований сигналов БС $\bar{\sigma}$ и выбранную группу векторов путей $\bar{B}^1, \dots, \bar{B}^R$, формируют матрицу корреляций между ошибками оценок взаимного временного рассогласования сигнала БС i_m относительно сигнала БС j_m , полученных по отдельным векторам путей.

Размер матрицы корреляций равен $[R \times R]$. Элемент матрицы корреляций с индексами r_1 и r_2 , где r_1 и r_2 принимают значения от 1 до R , равен

$$k_{r_1, r_2} = K[\varepsilon_{r_1}, \varepsilon_{r_2}] = \sum_{p=1}^P b_p^{r_1} b_p^{r_2} \sigma_p^2 \quad (24),$$

где: $K[\varepsilon_{r_1}, \varepsilon_{r_2}]$ – коэффициент корреляции между r_1 -ой и r_2 -ой ошибками оценки взаимного временного рассогласования сигнала БС i_m относительно сигнала БС j_m ,

$b_p^{r_1}$ – p -ый элемент r_1 -ого вектора пути \bar{B}^{r_1} ,

$b_p^{r_2}$ – p -ый элемент r_2 -ого вектора пути \bar{B}^{r_2} .

Формируют матрицу \hat{W} , обратную к сформированной матрице корреляций \hat{K} .

Используя выбранную группу векторов путей, состоящую из векторов путей $\bar{B}^1, \dots, \bar{B}^R$ и сформированную матрицу \hat{W} , обратную к сформированной матрице корреляций \hat{K} , формируют P весов уточнённых временных рассогласований таким образом, что вес p -ого уточнённого временного рассогласования a_p , где p принимает значения от 1 до P , равен:

$$a_p = \frac{\sum_{r_1=1}^R \sum_{r_2=1}^R w_{r_1, r_2} (b_p^{r_1} + b_p^{r_2})}{2 \sum_{r_1=1}^R \sum_{r_2=1}^R w_{r_1, r_2}} \quad (25),$$

где: w_{r_1, r_2} — элемент сформированной матрицы \hat{W} с индексами r_1 и r_2 , где r_1 и r_2 принимают значения от 1 до R ,

$b_p^{r_1}$ — p -ый элемент r_1 -ого вектора пути \bar{B}^{r_1} ,

$b_p^{r_2}$ — p -ый элемент r_2 -ого вектора пути \bar{B}^{r_2} .

Определяют взаимное временное рассогласование сигналов каждой пары БС, как взвешенную сумму всех уточнённых временных рассогласований сигналов БС с весами уточнённых временных рассогласований сигналов БС, сформированными для данной пары БС.

Так, например, определяют взаимное временное рассогласование $\Delta \tilde{t}_{i_m \rightarrow j_m}$ сигнала БС i_m относительно сигнала БС j_m как

$$\Delta \tilde{t}_{i_m \rightarrow j_m} = \sum_{p=1}^P a_p \Delta t_p \quad (26),$$

т. е. как взвешенную сумму всех уточнённых временных рассогласований Δt_p сигналов БС с весами a_p уточнённых временных рассогласований сигналов БС, сформированных для БС i_m и j_m , где p принимает значения от 1 до P .

Поясним совместную работу элементов сети сотовой связи при реализации заявляемого способа (см. фиг. 7).

На фиг. 7 показаны измерительное устройство 30, БС 31, контроллер 32 БС и центр 33 определения местоположения МП.

Для реализации заявляемого способа на измерительном устройстве 30:

на шаге А осуществляют последовательные измерения временного рассогласования сигналов как минимум двух БС, сигналы которых принимают на этом измерительном устройстве,

на шаге В усредняют данные измерения временного рассогласования, получая усреднённое измеренное временное рассогласование сигналов этих БС,

на шаге С определяют его точность.

Передают с измерительного устройства 30 на БС 31 первый сигнал, содержащий усреднённое измеренное временное рассогласование сигналов пары БС и его точность.

Передают с БС 31 на контроллер 32 БС второй сигнал, содержащий усреднённое измеренное временное рассогласование сигналов пары БС и его точность.

Для реализации заявляемого способа на контроллере 32 БС *на шаге D* вычитают из усреднённого измеренного временного рассогласования каждой пары БС известное значение разности задержек на прямое распространение сигналов от первой БС и второй БС этой пары до измерительного устройства, на котором было получено данное усреднённое измеренное временное рассогласование, получая уточнённое временное рассогласование сигналов этой пары БС.

Передают с контроллера 32 БС на центр 33 определения местоположения МП третий сигнал, содержащий уточнённое временное рассогласование каждой пары БС и его точность.

Для реализации заявляемого способа на центре 33 определения местоположения МП:

на шаге E формируют для каждой пары БС множество всех возможных путей от первой БС до второй БС пары,

на шаге F формируют для каждого пути из каждого сформированного множества вектор пути, перечисляющий уточнённые временные рассогласования сигналов БС, которые входят в данный путь, и определяют его метрику,

на шаге G для каждой пары БС из множества всех возможных векторов путей выбирают группу векторов путей, содержащую каждое из полученных уточнённых временных рассогласований, причём число использований каждого из полученных уточнённых временных рассогласований в выбранной группе векторов путей не должно превышать число использований этого уточнённого временного рассогласования в любой другой группе векторов путей, полученной из множества всех возможных векторов путей, а значения метрик векторов путей в выбранной группе не должны превышать значений метрик векторов путей в любой другой группе векторов путей, полученной из множества всех возможных векторов путей,

на шаге H формируют для каждой пары БС веса уточнённых временных рассогласований сигналов БС, используя выбранную группу векторов путей и полученные точности уточнённых временных рассогласований сигналов БС,

на шаге I определяют взаимное временное рассогласование сигналов каждой пары БС как взвешенную сумму всех уточнённых

временных рассогласований сигналов БС с весами уточнённых временных рассогласований сигналов БС, сформированными для данной пары БС.

БС, контроллеры БС и центр определения местоположения МП могут быть выполнены, например, как в способе по патенту WO99/57826: Method Of Synchronization Of A Base Station Network, 4 May 1998, [8].

Кратко опишем блоки, которые должны содержать перечисленные элементы сети сотовой радиосвязи для реализации способа определения взаимного временного рассогласования сигналов БС в системе сотовой радиосвязи.

Для выполнения заявляемого способа БС 31 (см. фиг. 8) должна содержать, как минимум, приёмник 34 сигнала, содержащего усреднённое измеренное временное рассогласование сигналов пары БС и его точность, и передатчик 35 сигнала, содержащего усреднённое измеренное временное рассогласование сигналов пары БС и его точность.

Посредством БС 31 (см. фиг. 9):

на шаге J принимают с помощью приёмника 34 сигнал, содержащий усреднённое измеренное временное рассогласование сигналов пары БС и его точность, который был передан с измерительного устройства 30,

на шаге K передают с помощью передатчика 35 сигнал, содержащий усреднённое измеренное временное рассогласование сигналов пары БС и его точность, на контроллер 32 БС.

Для выполнения заявляемого способа контроллер 32 БС (см. фиг. 10) должен содержать, как минимум, приёмник 36 сигнала, содержащего усреднённое измеренное временное рассогласование сигналов пары БС

и его точность, вычислительное устройство 37 и передатчик 38 сигнала, содержащего уточнённое временное рассогласование сигналов пары БС и его точность.

Посредством контроллера 32 БС (см. фиг. 11):

на шаге L принимают с помощью приёмника 36 сигнал, содержащий усреднённое измеренное временное рассогласование сигналов пары БС и его точность, который был передан с БС 31,

на шаге D вычитают на вычислительном устройстве 37 из усреднённого измеренного временного рассогласования каждой пары БС известное значение разности задержек на прямое распространение сигналов от первой БС и второй БС этой пары до измерительного устройства, на котором было получено данное усреднённое измеренное временное рассогласование, получая уточнённое временное рассогласование сигналов этой пары БС,

на шаге M передают с помощью передатчика 38 сигнал, содержащий уточнённое временное рассогласование сигналов этой пары БС и его точность, на центр 33 определения местоположения МП.

Для выполнения заявляемого способа центр 33 определения местоположения МП (см. фиг. 12) должен содержать как минимум приёмник 39 сигнала, содержащего уточнённое временное рассогласование сигналов пары БС и его точность, и вычислительное устройство 40.

Посредством центра 33 определения местоположения МП (см. фиг. 13):

на шаге N принимают с помощью приёмника 39 сигнал, содержащий уточнённое временное рассогласование сигналов пары БС и его точность, который был передан с контроллера 32 БС,

на шаге E посредством вычислительного устройства 40 формируют для каждой пары БС множество всех возможных путей от первой БС до второй БС пары,

на шаге F формируют для каждого пути из каждого сформированного множества вектор пути, перечисляющий уточнённые временные рассогласования сигналов БС, которые входят в данный путь, и определяют его метрику,

на шаге G для каждой пары БС из множества всех возможных векторов путей выбирают группу векторов путей, содержащую каждое из полученных уточнённых временных рассогласований, причём число использований каждого из полученных уточнённых временных рассогласований в выбранной группе векторов путей не должно превышать число использований этого уточнённого временного рассогласования в любой другой группе векторов путей, полученной из множества всех возможных векторов путей, а значения метрик векторов путей в выбранной группе не должны превышать значений метрик векторов путей в любой другой группе векторов путей, полученной из множества всех возможных векторов путей,

на шаге H формируют для каждой пары БС веса уточнённых временных рассогласований сигналов БС, используя выбранную группу векторов путей и полученные точности уточнённых временных рассогласований сигналов БС,

на шаге I определяют взаимное временное рассогласование сигналов каждой пары БС как взвешенную сумму всех уточнённых временных рассогласований сигналов БС с весами уточнённых временных рассогласований сигналов БС, сформированными для данной пары БС.

Заявляемый способ определения взаимного временного рассогласования сигналов БС обладает следующими существенными преимуществами по сравнению с известными в данной области техники, изобретениями.

Во-первых, заявляемый способ позволяет определить взаимное временное рассогласование сигналов любой пары БС, независимо от наличия уточнённого временного рассогласования их сигналов.

Во-вторых, заявляемый способ позволяет повысить точность определения взаимных временных рассогласований сигналов БС.

Эти преимущества достигаются за счёт совместной статистической обработки всех уточнённых временных рассогласований сигналов БС.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ определения взаимного временного рассогласования сигналов базовых станции в системе сотовой радиосвязи, при котором используют контроллеры базовых станций, базовые станции, измерительные устройства и центр определения местоположения мобильного пользователя, причем каждая базовая станция находится под управлением одного контроллера базовой станции, а на каждом измерительном устройстве принимают сигналы как минимум двух базовых станций, и сигнал каждой базовой станции принимают на как минимум одном измерительном устройстве, заключающийся в том, что осуществляют на каждом измерительном устройстве последовательные измерения временного рассогласования сигналов как минимум двух базовых станций, сигналы которых принимают на этом измерительном устройстве, и усредняют данные измерения временного рассогласования, получая усреднённое измеренное временное рассогласование сигналов этих базовых станций, определяют его точность, передают усреднённые измеренные временные рассогласования и их точности с каждого измерительного устройства на одну из базовых станций, сигналы которых принимают на этом измерительном устройстве, а с неё – на контроллер базовой станции, под управлением которого она находится, отличающийся тем, что вычитают на каждом контроллере базовой станции из усреднённого измеренного временного рассогласования каждой пары базовых станций известное значение разности задержек на прямое распространение сигналов от первой базовой станции и второй базовой станции этой пары до измерительного устройства, на котором было получено данное усреднённое измеренное временное рассогласование, получая уточнённое временное рассогласование сигналов этой пары базовых станций, передают все уточнённые временные рассогласования сигналов

базовых станций и их точности с каждого контроллера базовой станции в центр определения местоположения мобильного пользователя, формируют для каждой пары базовых станций множество всех возможных путей от первой базовой станции до второй базовой станции пары, формируют для каждого пути из каждого сформированного множества вектор пути, перечисляющий уточнённые временные рассогласования сигналов базовых станций, которые входят в данный путь, и определяют его метрику, для каждой пары базовых станций из множества всех возможных векторов путей выбирают группу векторов путей, содержащую каждое из полученных уточнённых временных рассогласований, причём число использований каждого из полученных уточнённых временных рассогласований в выбранной группе векторов путей не должно превышать число использований этого уточнённого временного рассогласования в любой другой группе векторов путей, полученной из множества всех возможных векторов путей, а значения метрик векторов путей в выбранной группе не должны превышать значений метрик векторов путей в любой другой группе векторов путей, полученной из множества всех возможных векторов путей, формируют для каждой пары базовых станций веса уточнённых временных рассогласований сигналов базовых станций, используя выбранную группу векторов путей и полученные точности уточнённых временных рассогласований сигналов базовых станций, определяют взаимное временное рассогласование сигналов каждой пары базовых станций как взвешенную сумму всех уточнённых временных рассогласований сигналов базовых станций с весами уточнённых временных рассогласований сигналов базовых станций, сформированными для данной пары базовых станций.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что при формировании для каждой пары базовых станций множества всех возможных путей формируют каждый путь множества, определяя вершинами данного пути базовые станции, первой вершиной – началом этого пути – первую базовую станцию, второй вершиной данного пути – одну из базовых станций, соседних с базовой станцией, являющейся первой вершиной этого пути, при этом соседними базовыми станциями считают такие две базовые станции, для которых получено уточнённое временное рассогласование их сигналов, n -ой вершиной данного пути – одну из базовых станций, соседних с базовой станцией, являющейся $(n-1)$ -ой вершиной пути, где n принимает значения от 2 до $N-1$, а N – количество вершин в этом пути, последней вершиной – окончанием данного пути – вторую базовую станцию, рёбрами этого пути – уточнённые временные рассогласования между сигналами двух базовых станций, являющихся соседними вершинами данного пути, направление прохода этого пути – от первой базовой станции до второй базовой станции, причём каждая базовая станция может являться вершиной данного пути не более одного раза.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что при формировании вектора пути для каждого пути из каждого сформированного множества нумеруют все уточнённые временные рассогласования сигналов базовых станций номерами от 1 до P , где P – число полученных уточнённых временных рассогласований сигналов базовых станций, задают длину каждого вектора пути равной числу уточнённых временных рассогласований P , определяют p -ый элемент каждого вектора пути, где p принимает значения от 1 до P , равным 1, если в данном пути есть ребро, соответствующее p -ому уточнённому временному рассогласованию, и направление прохода данного ребра в пути

совпадает с направлением p -ого уточнённого временного рассогласования, где направление p -ого уточнённого временного рассогласования i_p -ой базовой станции относительно j_p -ой базовой станции определяют от i_p -ой базовой станции к j_p -ой базовой станции, -1 , если в данном пути есть ребро, соответствующее p -ому уточнённому временному рассогласованию, и направление прохода данного ребра в пути противоположно направлению p -ого уточнённого временного рассогласования, в противном случае равным 0 .

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что метрику вектора пути определяют как сумму произведений модулей элементов этого вектора пути на квадрат точности уточнённого временного рассогласования, соответствующего данному элементу.

5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что при формировании для каждой пары базовых станций весов уточнённых временных рассогласований формируют матрицу корреляций между ошибками оценок взаимного временного рассогласования данной пары базовых станций, полученных по отдельным векторам путей, используя выбранную для этой пары базовых станций группу векторов путей и точности уточнённых временных рассогласований, при этом размер матрицы корреляций равен $[R \times R]$, где R - количество векторов путей в выбранной группе, элемент матрицы корреляций с индексами r_1 и r_2 , где r_1 и r_2 принимают значения от 1 до R , равен сумме произведений элементов r_1 -ого вектора пути на элементы r_2 -го вектора пути и на квадрат точности уточнённого временного рассогласования, соответствующего данным элементам, формируют матрицу, обратную к сформированной матрице корреляций между ошибками оценок взаимного временного рассогласования данной пары базовых станций,

используя сформированную для этой пары базовых станций группу векторов путей и матрицу, обратную к сформированной матрице корреляций между ошибками оценок взаимного временного рассогласования данной пары базовых станций, формируют P весов уточнённых временных рассогласований этой пары базовых станций таким образом, что вес p -ого уточнённого временного рассогласования a_p равен:

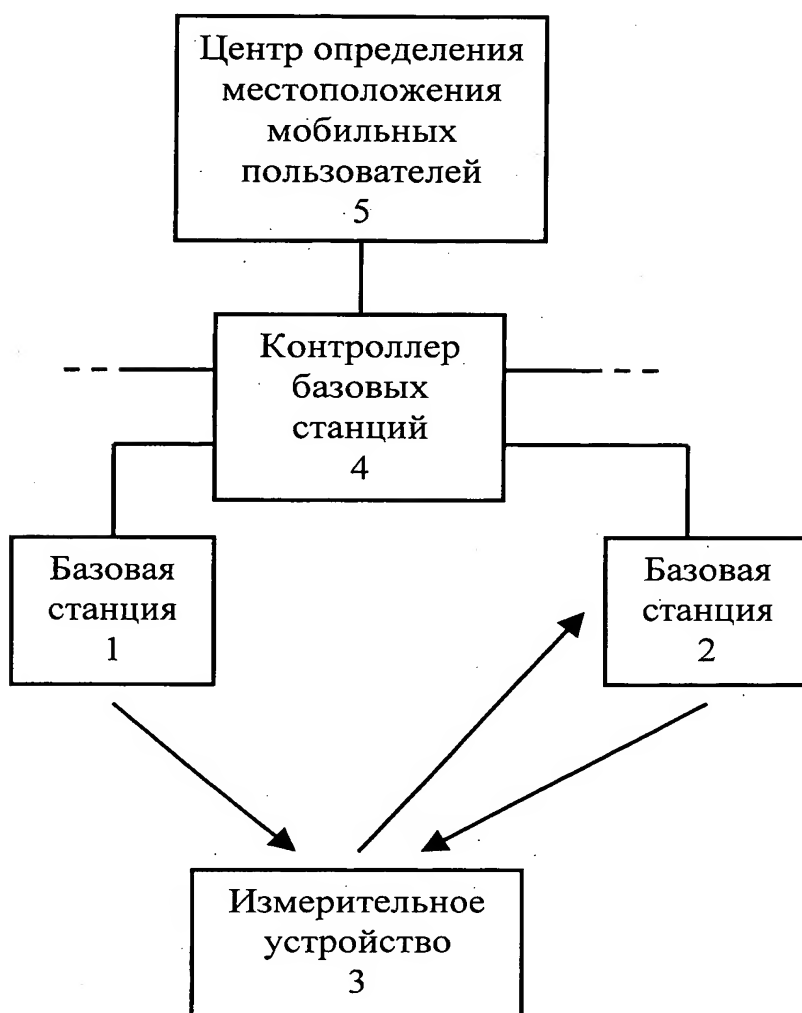
$$a_p = \frac{\sum_{r_1=1}^R \sum_{r_2=1}^R w_{r_1, r_2} (b_p^{r_1} + b_p^{r_2})}{2 \sum_{r_1=1}^R \sum_{r_2=1}^R w_{r_1, r_2}}, \text{ где:}$$

w_{r_1, r_2} - элемент матрицы, обратной к сформированной матрице корреляций между ошибками оценок взаимного временного рассогласования данной пары базовых станций, с индексами r_1 и r_2 ,

$b_p^{r_1}$ - p -ый элемент r_1 -ого вектора пути выбранной группы,

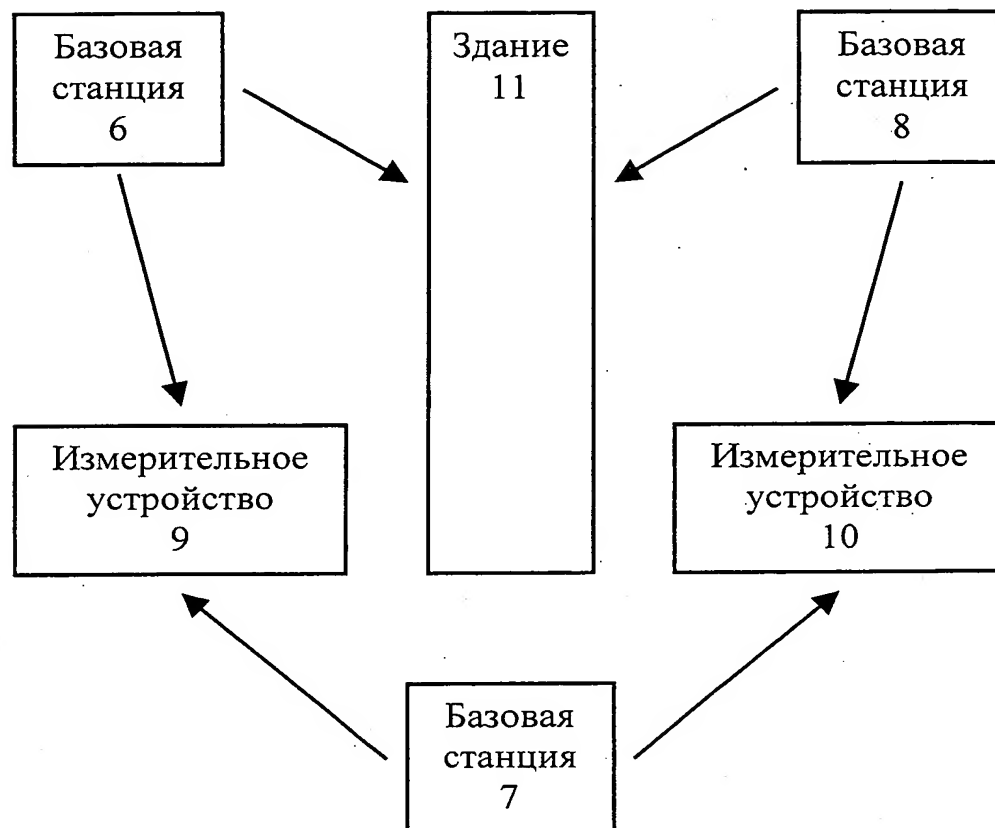
$b_p^{r_2}$ - p -ый элемент r_2 -ого вектора пути выбранной группы.

Способ определения взаимного временного рассогласования
сигналов базовых станций в системе сотовой радиосвязи



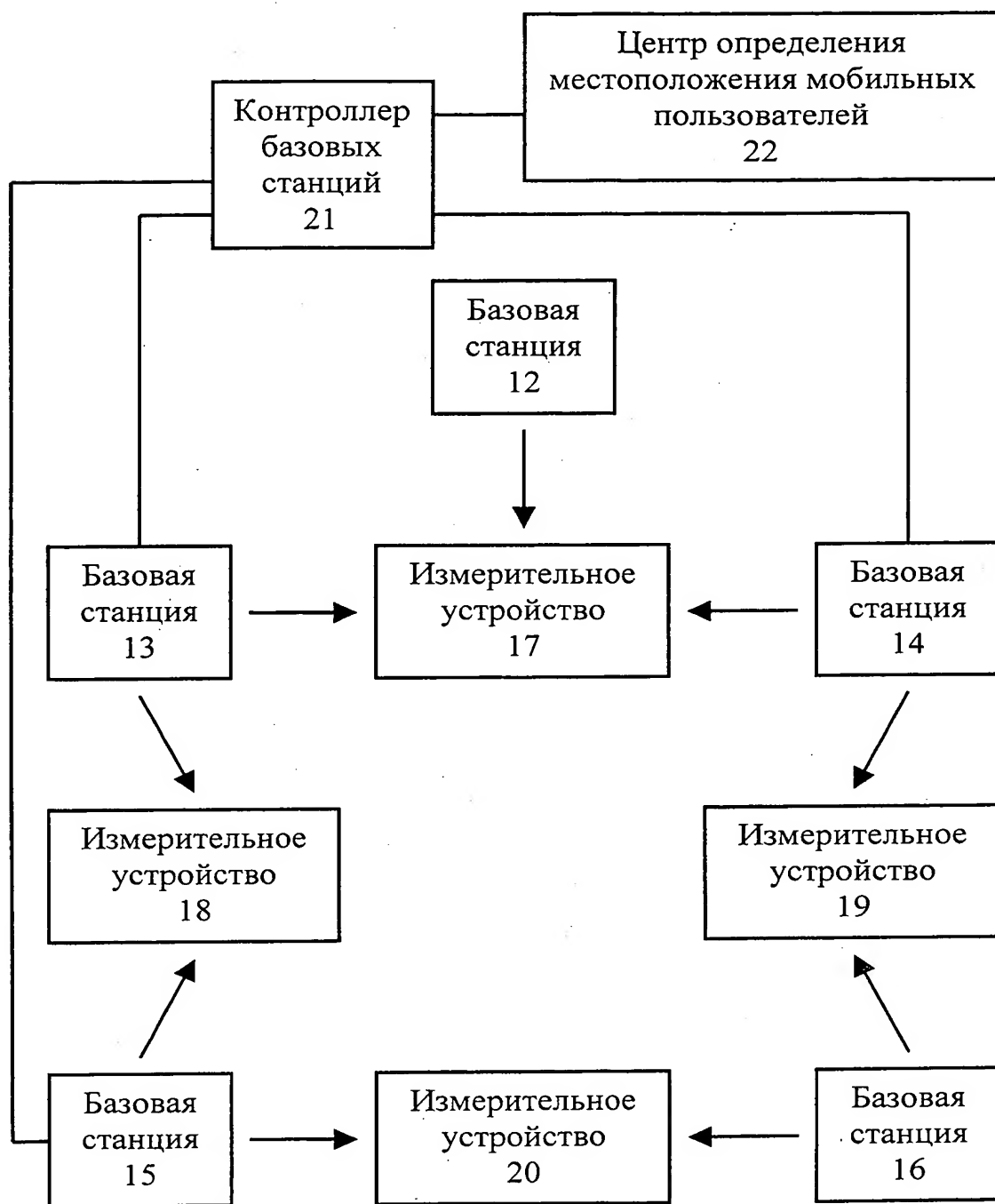
Фиг. 1

Способ определения взаимного временного рассогласования
сигналов базовых станций в системе сотовой радиосвязи



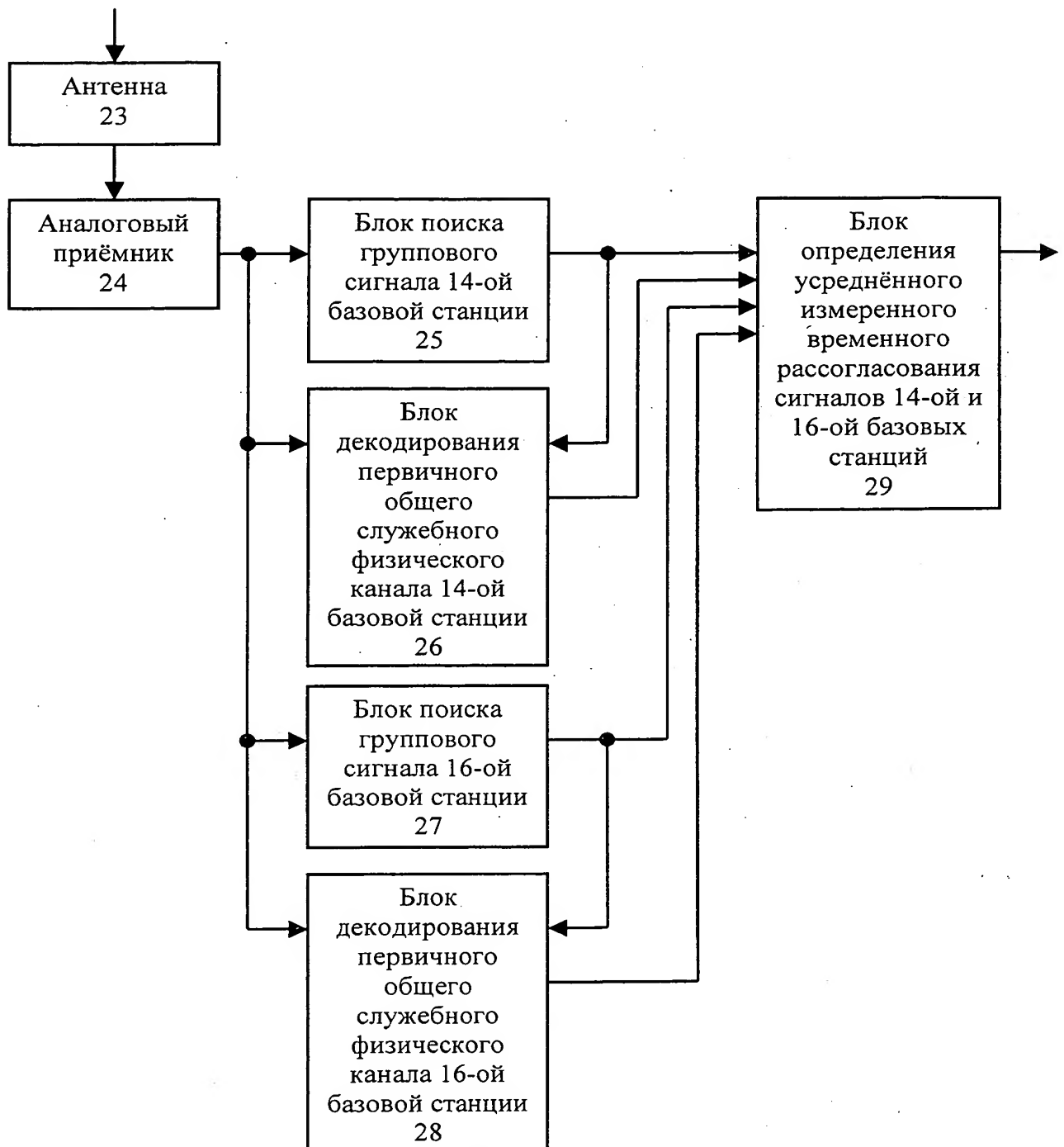
Фиг. 2

Способ определения взаимного временного рассогласования
сигналов базовых станций в системе сотовой радиосвязи



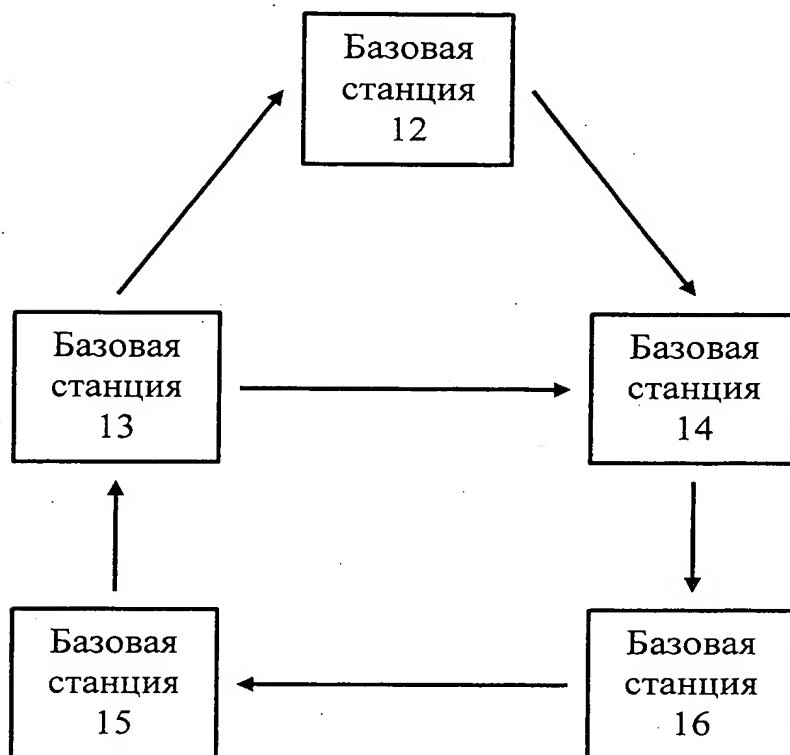
Фиг. 3

Способ определения взаимного временного рассогласования
сигналов базовых станций в системе сотовой радиосвязи



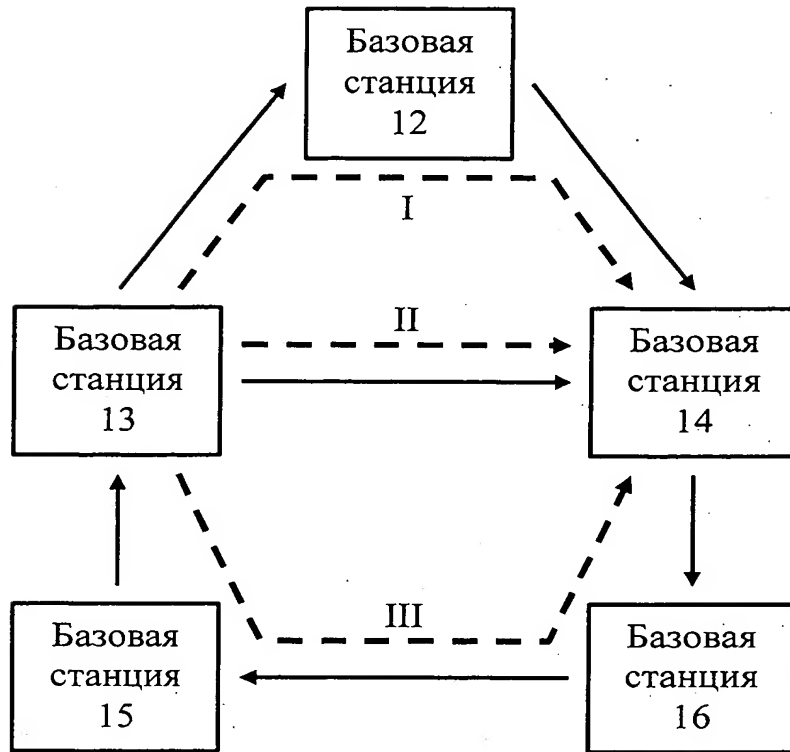
Фиг. 4

Способ определения взаимного временного рассогласования
сигналов базовых станций в системе сотовой радиосвязи



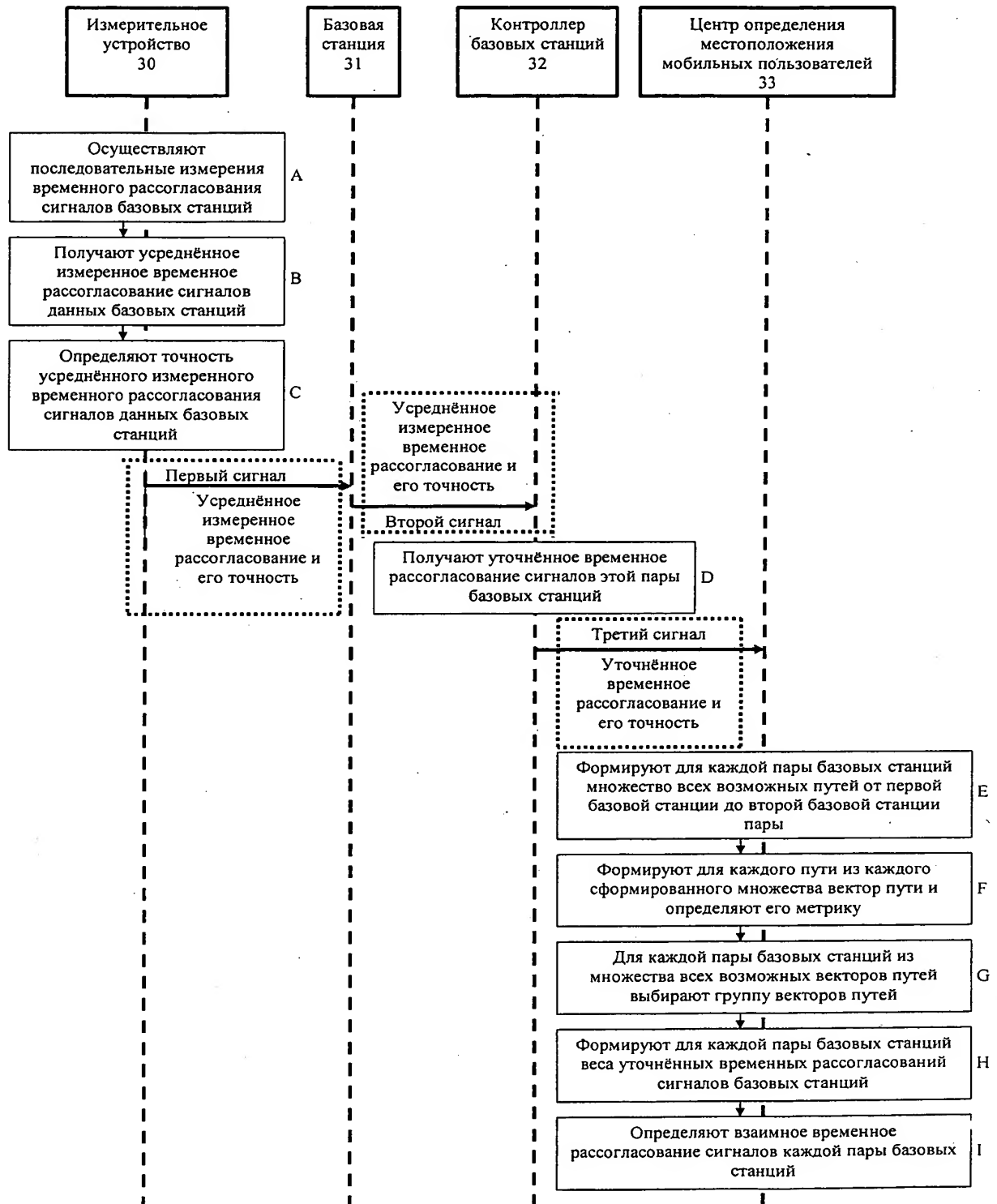
Фиг. 5

Способ определения взаимного временного рассогласования
сигналов базовых станций в системе сотовой радиосвязи



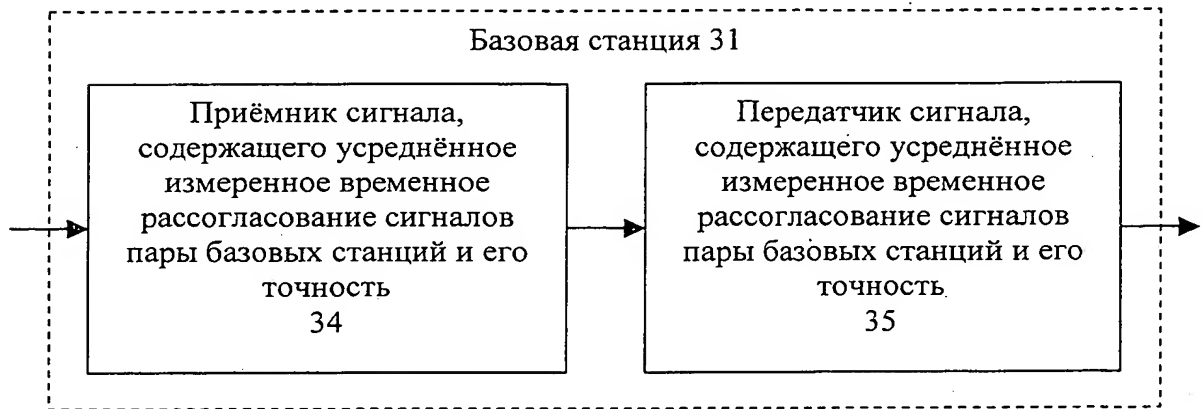
Фиг. 6

Способ определения взаимного временного рассогласования сигналов базовых станций в системе сотовой радиосвязи

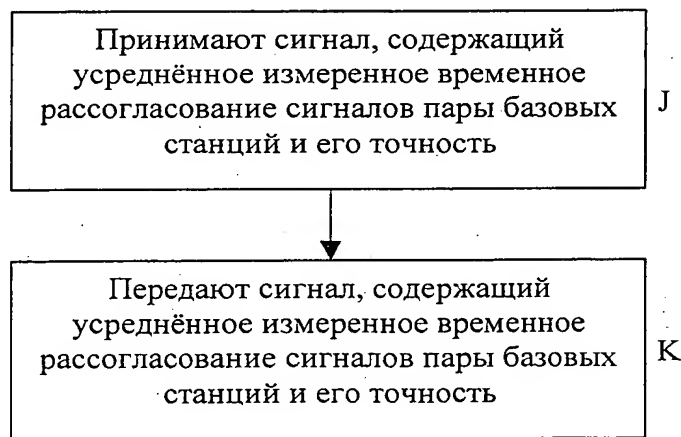


Фиг. 7

Способ определения взаимного временного рассогласования
сигналов базовых станций в системе сотовой радиосвязи

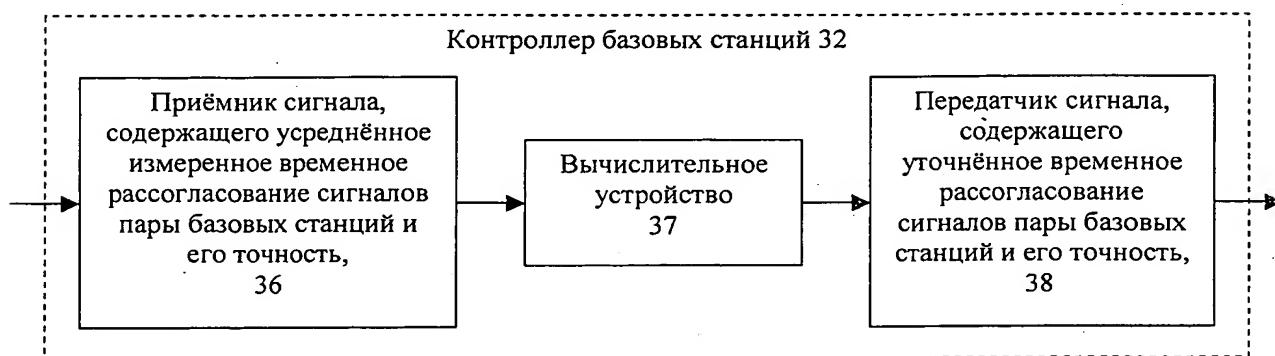


Фиг. 8



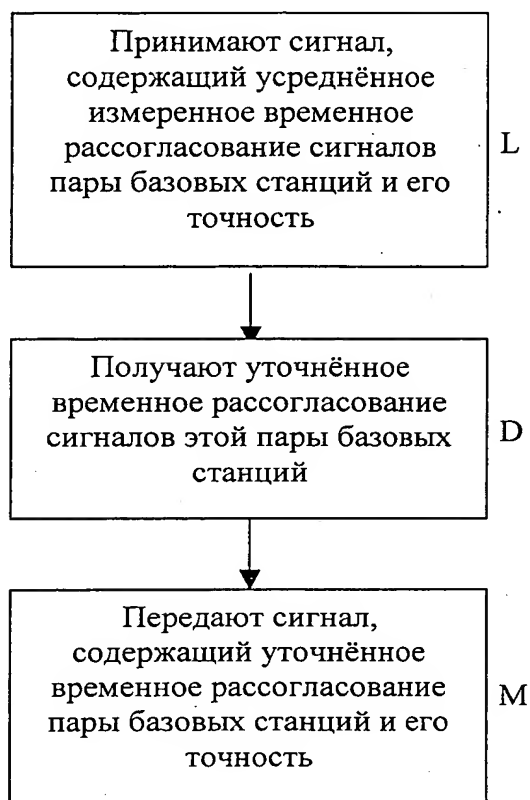
Фиг. 9

Способ определения взаимного временного рассогласования
сигналов базовых станций в системе сотовой радиосвязи



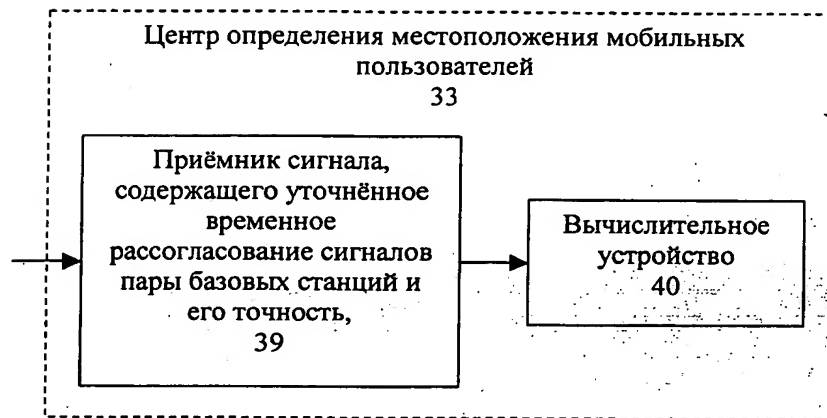
Фиг. 10

Способ определения взаимного временного рассогласования
сигналов базовых станций в системе сотовой радиосвязи



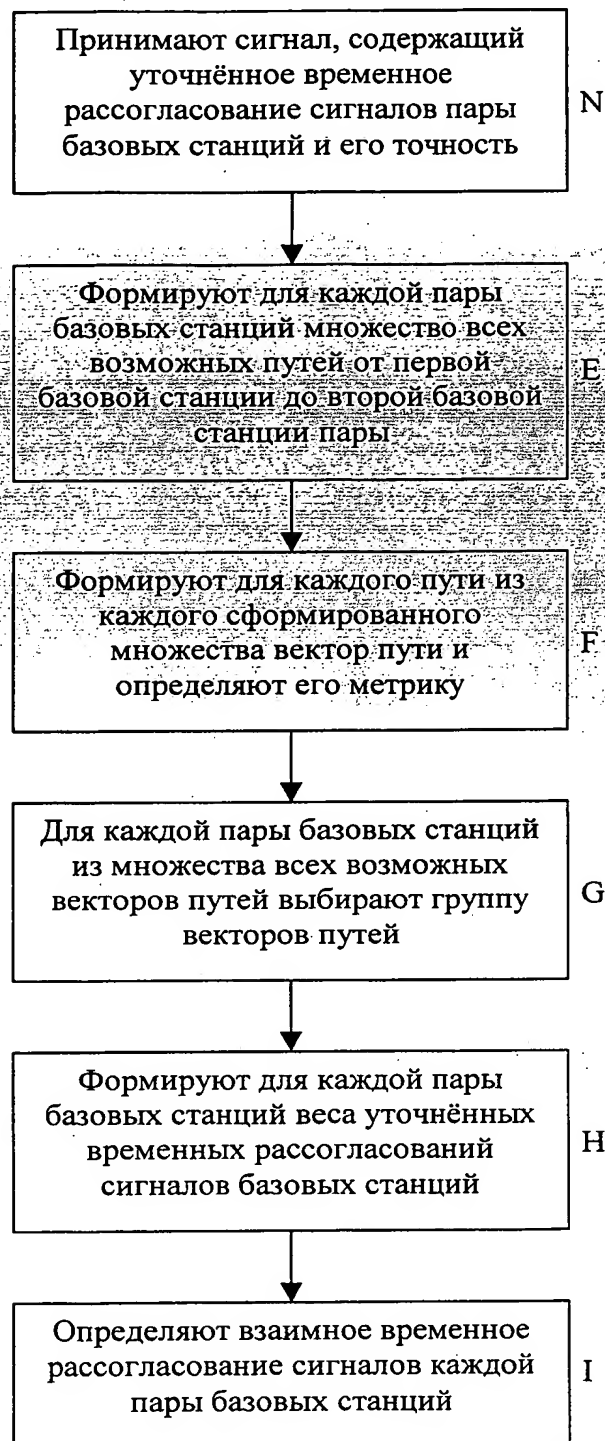
Фиг. 11

Способ определения взаимного временного рассогласования
сигналов базовых станций в системе сотовой радиосвязи



Фиг. 12

Способ определения взаимного временного рассогласования
сигналов базовых станций в системе сотовой радиосвязи



Фиг. 13

РЕФЕРАТ

Изобретение относится к области радиотехники, в частности к способу определения взаимного временного рассогласования сигналов базовых станций (БС) в системе сотовой радиосвязи, и может быть использовано, например, в системах сотовой радиосвязи третьего поколения при определении местоположения мобильного пользователя (МПУ).

Решается задача определения взаимного временного рассогласования сигналов любой пары БС системы радиосвязи и повышения точности определения взаимного временного рассогласования сигналов БС, что достигается за счёт совместной статистической обработки всех уточнённых временных рассогласований сигналов БС.

5 п.ф. и 13 ил.